

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

***ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА  
ПРОГРАМА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ***



***«Водень в альтернативній  
енергетиці та новітніх  
технологіях»***

**НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ**



**Тези доповідей та програма сесії**

**7 ГРУДНЯ 2011року**

**Київ**

VISIT...

LANZAROTE  
*Caliente*.COM

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

***ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА (ЦКП)  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ***

***«Водень в альтернативній  
енергетиці та новітніх  
технологіях»***

**НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ**

**Тези доповідей та програма сесії**

**7 грудня 2011 року**

**Київ**

**ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ  
«ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА  
НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЯХ»**

**Голова Наукової ради програми –  
академік НАН України Скороход В.В.**

**Заступник Голови Наукової ради –  
чл.-кор НАН України Солонін Ю.М.**

***ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ ЗВІТНОЇ СЕСІЇ ЦКП  
«ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА НОВІТНІХ  
ТЕХНОЛОГІЯХ»***

**Голова комітету –  
член-кореспондент НАН України Солонін Ю.М.**

***Члени комітету***

**І.І. Білан, к.ф.-м.н.;**

**О.Г. Єршова, к.ф.-м.н.;**

**Л.І. Чернишев, к.т.н.;**

**Т.В.Гудименко, гол.програм.;**

**Л.О. Ковальова**

**В.І. Семенцов.**

# ПОПЕРЕДНЯ ПРОГРАМА

## РЕГЛАМЕНТ РОБОТИ

**ЧЕТВЕР, 13 ГРУДНЯ 2012р.**

- 10.00–10.30**      ***Відкриття сесії.***  
Вступне слово голови Наукової Ради програми  
академіка НАН України В.В.Скорохода  
Вступне слово заступника голови Наукової Ради програми  
чл.-кор НАН України Ю.М. Солоніна.
- 10.30–11.45**      Засідання секції I. Отримання водню. Дискусія.
- 11.45–12.00**      Кофе-брейк
- 12.00–13.15**      Засідання секції I. Отримання водню. Дискусія.
- 13.15–14.00**      Обід
- 14.00–15.30**      Засідання секції II. Зберігання водню. Дискусія.
- 15.30–15.45**      Кофе-брейк
- 15.45–16.45**      Засідання секції III. Використання водню. Дискусія
- 16.45–17.00**      ***Підведення підсумків сесії.***  
Заключне слово голови Наукової Ради програми  
академіка НАН України В.В.Скорохода.  
Заключне слово заступника голови Наукової Ради програми  
чл.-кор НАН України Ю.М. Солоніна

## ЧЕТВЕР, 13 ГРУДНЯ 2012Р.

### 10.00–10.30 *Відкриття сесії.*

Вступне слово голови Наукової Ради програми  
академіка НАН України В.В.Скорохода  
Вступне слово заступника голови Наукової Ради програми  
чл.-кор НАН України Ю.М. Солоніна.

### 10.30–11.45 **ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ І. ОТРИМАННЯ ВОДНЮ.**

#### *Головуючі:*

*Ю.М.Солонін* (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України )  
*П.Є. Стрижак* (Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України)

**РОЗРОБКА ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ІЗ ВОДИ З ДОПОМОГОЮ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ЕНЕРГОАКУМУЛЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВОВАНИХ ЦИНКУ, МАРГАНЦЮ, АЛЮМІНІЮ, ЗАЛІЗА ЗА ДОПОМОГОЮ ВІСМУТУ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ З ВІДНОВЛЕННЯМ ВІДХОДІВ – ОКСИДІВ КАРБОТЕРМІЧНИМ МЕТОДОМ**

**Козін Л.Х., Волков С.В., Гончаренко С.Г., Данільцев Б.І.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

*15 хвилин*

**СЕЛЕКЦІЯ ЗМІШАНИХ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ (ЗМУ) - СТАБІЛЬНО ФУНКЦІОНУЮЧИХ АСОЦІАЦІЙ НА ОСНОВІ ДОМІНУЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ Н<sub>2</sub>**

**Таширева Г.О., Припула І.Р., Демченко Л.І., Таширев О.Б.**

Інститут мікробіології і вірусології НАН України

*15 хвилин*

**АКТИВНІСТЬ І СЕЛЕКТИВНІСТЬ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ОСНОВІ БІМЕТАЛІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ, ЯКІ МІСТЯТЬ Cu, Co, Ni, Fe В СКЛАДІ НАНЕСЕНИХ ТА СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ СИСТЕМ, В ПРОЦЕСІ ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ РІДКОЇ БІОСІРОВИНИ**

**Стрижак П.Є., Столярчук І.Л., Дейнега І.В., Василенко І.В., Стара Л.О., Долгих Л.Ю., Пятницький Ю.І.**

Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України

*15 хвилин*

**СТВОРЕННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ, А ТАКОЖ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ**

**Тітов В.Є., Курись Я.І., Дядюн В.С., Мішура А.М., Уставицька О.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

*15 хвилин*

### *Дискусія*

12.00–13.15

## ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ І. ОТРИМАННЯ ВОДНЮ.

**Головуючі :**

**В.А Жовтянський** (Інститут газу НАН України),

**О.М Дудник** (Інститут вугільних енерготехнологій НАН України)

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ ЗА ПРОЕКТАМИ ПРОГРАМИ «ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЯХ»**

**Чернишев Л.І., Білан І.І., Гудименко Т.В., Левіна Д.А., Ковальова Л.А.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

**15 хвилин**

**ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

**Жовтянський В.А., Петров С.М., Дудник О.М.<sup>(1)</sup>, Колесник В.В., Орлик В.М.,  
Невзгляд І.О.**

Інститут газу НАН України,

<sup>(1)</sup>Ін-т вугільних енерготехнологій НАН України

**15 хвилин**

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОСТАДІЙНОЇ КОНВЕРСІЇ ТВЕРДОЇ БІОМАСИ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ: ПЕРЕТВОРЕННЯ БІОМАСИ ТА ВІДХОДІВ У РІЗНІ ВИДИ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ І ВОДНЮ З ОТРИМАНИХ ЗРАЗКІВ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА**

**Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.**

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

**15 хвилин**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КАРБОНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КАМ'ЯНИХ ТА БУРИХ ВИДІВ ВУГІЛЛЯ, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ВОДНЮ З КАРБОНІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ**

**Майстренко О.Ю., Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.**

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

**15 хвилин**

***Дискусія***

14.00–15.30

## ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ П. ЗБЕРІГАННЯ ВОДНЮ.

*Головуючі:*

**В.М.Огенко** (Інститут загальної та неорганічної хімії ім.В.І.Вернадського НАН України)

**Білоус А.Г.** (Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України)

### РОЗВИТОК ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ЗАСАД СТВОРЕННЯ НОВИХ ВИСОКОПОРИСТИХ МЕТАЛ-ОРГАНІЧНИХ КАРКАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ

**Колотілов С.В.,** Полунін Р.А., Дорофєєва В.М., Кіскін М.О.<sup>(1)</sup>, Єременко І.І.<sup>(1)</sup>,  
Новоторцев В.М.<sup>(1)</sup>

Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України,

<sup>(1)</sup>Інститут загальної і неорганічної хімії ім. М.С. Курнакова РАН

15 хвилин

### РОЗРОБКА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ, ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МЕХАНО-ХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ МАТЕРІАЛІВ

**Завалій І.Ю.,** Денис Р.В., Березовець В.В., Рябов О.Б.

Фізико-механічний інститут НАН України

15 хвилин

### ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СТРИБКАМИ БАРКГАЗУЗЕНА НАВОДНЕНОГО ФЕРОМАГНЕТИКА І ПАРАМЕТРАМИ ЗОВНІШНЬОГО МАГНЕТНОГО ПОЛЯ

**Скальський В.Р.,** Сергієнко О.М., Рудавський Д.В., Окрепкий Ю.С.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

15 хвилин

### ПЕРСПЕКТИВНІ СПЛАВИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ВОДЕНЬ-СОРБЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Ti-Fe-Mn. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ СИНТЕЗУ ГІДРИДІВ.

**Іванченко В.Г.,** Дехтяренко В.А., Прядко Т.В.

Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України

15 хвилин

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕРОЗЧИННИХ КОМПОНЕНТ НА НАКОПИЧЕННЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ІЗ МАГНІСВИХ КОМПОЗИТІВ

**Неклюдов І.М.,** **Морозов О.М.,** Куліш В.Г., Журба В.І., Ломіно М.С., Овчаренко В.Д.,  
Купрін О.С.

Національний Науковий Центр “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

15 хвилин

*Дискусія*



15.45–16.45

### ЗАСІДАННЯ СЕКЦІЇ ІІІ. ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ.

*Головуючі:*

**О.Д. Васильєв** (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України)

**В.В. Шевченко** (Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України)

#### РОЗРОБКА ГІБРИДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОТОНОПРОВІДНИХ МЕМБРАН ПОЛІМЕРЕЛЕКТРОЛІТНИХ ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

**Шевченко В.В.**

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

*15 хвилин*

#### ВПЛИВ УМОВ КАРБОНІЗАЦІЇ САХАРОЗИ І АКТИВАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ СТРУКТУРНО-СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПОГЛИНАННЯ ВОДНЮ

**Щербань Н.Д., Яремов П.С., Ільїн В.Г.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

*15 хвилин*

#### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ І КІНЕТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ЦИРКОНІЮ З ВОДНЕМ ТА ВПЛИВУ ЗМІННОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ В ЦИРКОНІЇ НА ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ І ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**О.М.Івасишин, Д.Г.Саввакін, Д.І.Карпінець**

Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України

*15 хвилин*

#### ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДИК СИНТЕЗУ НАНОРОЗМІРНОГО ДІОКСИДУ ТИТАНУ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР З РІЗНОЮ МОРФОЛОГІЄЮ ПОВЕРХНІ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЇХ ОДЕРЖАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЇХ ТЕКСТУРИ ТА СОРБЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ВОДНЮ

**Тельбіз Г.М., Кишеня Я.В., Єрмохіна Н.І., Манорик П.А.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

*15 хвилин*

**Дискусія.**

**16.15-17.00**

***Підведення підсумків сесії.***

Заключне слово голови Наукової Ради програми  
академіка НАН України В.В.Скорохода.

Заключне слово заступника голови Наукової Ради програми  
чл.-кор НАН України Ю.М. Солоніна

***Закриття сесії.***

**ЧЕТВЕР, 13 ГРУДНЯ 2012Р.**

**ПОСТЕРНА СЕСІЯ**

**(Доповіді експонуються 10<sup>00</sup>-17<sup>00</sup>)**

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТЕРМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ  
ПОВЕРХНІ СТАЛІ ТА НІКЕЛЮ ВАНАДІЄМ, НІОБІЄМ, ТАНТАЛОМ І ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТОДНОГО ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА АНОДНОГО ВИДІЛЕННЯ  
КИСНЮ НА МОДИФІКОВАНИХ ЕЛЕКТРОДАХ З ЛУЖНОГО РОЗЧИНУ**

**Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Машкова Н.В., Куций А.В.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

**ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТАЛІТИЧНОЇ КАРБОНІЗАЦІЇ ТВЕРДОЇ  
ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ**

**Трипольський А.І., Калішин Є.Ю.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

**ПАРЦІАЛЬНЕ ОКИСНЕННЯ МЕТАНОЛУ НА Cu-Zn-Cr-Ni-ОКСИДНИХ  
СТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ**

**Капран А.Ю., Орлик С.М.**

Інститут фізичної хімії ім.Л.В.Писаржевського НАН України

**РОЗРОБКА ПРОТОНОПРОВІДНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ  
ПОЛІСНОВИХ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ КАТАЛІЗАТОРА ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ІЗ  
ВУГЛЕЦЕВОЇ СИРОВИНИ**

**Бортишевський В.А., Корж Р.В., Рогальський С.П., Бурдейний В.Г., Тарасюк О.П.**

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України

**РОЗРОБКА МЕТОДИК ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРИРОДНИХ І  
СТІЧНИХ ВОД ФОТОКАТАЛІТИЧНИМИ ТА ЕЛЕКТРОМЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ**

**Д.Д. Кучерук, Р.В. Приходько, Т.Ю. Дульнева**

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім А.В. Думанського НАН України

**ПАРОВИЙ ТА ПАРО-КИСНЕВИЙ РИФОРМІНГ C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-ВУГЛЕВОДНІВ НА  
СТРУКТУРОВАНИХ Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/КОРДІЄРИТ КАТАЛІЗАТОРАХ**

**Губарені Є.В., Соловійов С.О., Курилець Я.П.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ TiO<sub>2</sub> ПЛІВОК МЕТОДОМ CVD В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД  
СКЛАДУ ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ  
КІНЕТИКИ РОСТУ**

**Силенко П.М., Данько Д.Б., Шлапак А.М., Андрущенко Д.І., Солонін Ю.М.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

**СВІТЛО-ЗАЛЕЖНЕ ПРОДУКУВАННЯ ВОДНЮ МІКРО -ВОДОРОСТЯМИ  
(CHLOROPHYTA) І ФОТОСИНТЕТИЧНИМИ БАКТЕРІЯМИ (RHODOBACTER)**

**Поліщук О.В., Подорванов В.В., Золотарьова О.К.**

Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СУМІСНОЇ РОБОТИ ВІТРОУСТАНОВКИ І  
ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ**

**Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнецов М.П.**

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**СИНТЕЗ ФОТОАНОДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ КАДМІЮ І ЦИНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ У ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ**

Русецький І.А., Слободянюк І.О., Колбасов Г.Я.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРОФУЛЛЕРИТІВ  $C_{60}H_x$**

Щур Д.В., Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А., Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СПЛАВІВ ТИПУ АВ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНЮ.**

Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А., Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ВОДЕНЬСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА КІНЕТИКИ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРИДНИХ ФАЗ КОМПОЗИТІВ, ОТРИМАНИХ РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШЕЙ  $Mg+10\% \text{мас.} Al$ ,  $Mg+10\% \text{мас.} Ti$ ,  $Mg+10\% \text{мас.} Fe$**

Добровольський В.Д., Єршова О.Г., Солонін Ю.М., Хижун О.Ю.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ ВОДНЮ В ЕЛЕКТРО- ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ СПЛАВІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ**

Щербакова Л.Г., Сподарик М.І., Кравчук Д.М., Солонін Ю.М.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЗАСАДИ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОДНЕСОРБЦІЙНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Бондаренко Б.І., Марчук Ю.В., Праженнік Ю.Г., Ховавко О.І., Святенко О.М., Кожан О.П., Котов В.Г.

Інститут газу НАН України, 03113, Київ

**ЕЛЕКТРОЛІТНІ ТА ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ( $600^\circ C$ ) ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ НА ОСНОВІ ОКСИДУ ЦИРКОНІУ, СТАБІЛІЗОВАНОГО КОМПЛЕКСНИМИ СКАНДІЄВМІСНИМИ ДОБАВКАМИ**

Білоус А.Г., В'юнов О.І., Коваленко Л.Л., Янчевський О.З., Іваницький В.П.<sup>(1)</sup>

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

(1) Інститут мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененко НАН України

**ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Скороход В.В., Морозов І. А., Морозова Р. О., Кондрашов О. В., Дубовик Т. В.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України

**ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕАКЦІЙ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ З ВОДНЕМ І РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОБАРИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕАКЦІЇ ДЕСТРУКТИВНОГО ГІДРУВАННЯ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ**

Братаніч Т.І., Кучерявий О.В.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України

**МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДИК ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАВОДНЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ У КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЯХ. РОЗРОБКА МЕТОДИК ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ НАВОДНЮВАННЯ БЛЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ НАПРУЖЕНЬ**

І.М. Дмитрах, А.М. Сиротюк, О.Л. Білий

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

**ДОСЛІДЖУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗМІРІВ КРИСТАЛІТІВ, ПАРАМЕТРА ТЕКСТУРИ ТА МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКІВ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СПОЛУКИ  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  ВІД ПАРАМЕТРІВ ВОДНЕВОГО ОБРОБЛЕННЯ**

**Булик І.І.**, Тросянчин А.М., Лютий П.Я., Бурховецький В.В.<sup>(1)</sup>

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,

<sup>(1)</sup>Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА БАЗІ  $\text{ZrO}_2$  З БАГАТОКОМПОНЕНТНИМ ЛЕГУВАННЯМ**

**Перекрестов Б.І.<sup>1</sup>, Даніленко І.А.<sup>1</sup>, Константинова Т.Є<sup>1</sup>, Глазунов Ф.І.<sup>1</sup>, Волкова Г.К.<sup>1</sup>, Глазунова В.А.<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ ТИПІВ УСТАНОВОК, ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОМАНЕВРОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ТІЛА УСТАНОВКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ТУРБОАГРЕГАТУ**

**Мацевитий Ю.М., Русанов А.В., Соловей В.В.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОХІМІЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕТВОРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧИХ МЕТАЛОГІДРИДНИХ УСТАНОВКАХ**

**Соловей В.В., Літвінов В.О., Чорна Н.А.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

**ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ КАНЦЕРОГЕННИХ СПОЛУК ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ І ПРИНЦИПІВ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ**

**Івановський О.І., Каніло П.М., Соловей В.В., Шубенко О.Л., Костенко К.В.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

**СТВОРЕННЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ОСНОВ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ТЕХНОЛОГІЯХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ НАФТИ, ГАЗУ ТА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ**

**Кравченко О.И.**, Процицька Л.В., Велігоцький Д.О., Строгий Є.М., Сімбірський О.В.

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України

**Тези за проектами**  
цільової комплексної програми наукових  
досліджень НАН України  
**«Водень в альтернативній  
енергетиці та новітніх технологіях»**

# РОЗРОБКА ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ІЗ ВОДИ З ДОПОМОГОЮ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ЕНЕРГОАКУМУЛЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВОВАНИХ ЦИНКУ, МАРГАНЦЮ, АЛЮМІНІЮ, ЗАЛІЗА ЗА ДОПОМОГОЮ ВІСМУТУ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ З ВІДНОВЛЕННЯМ ВІДХОДІВ – ОКСИДІВ КАРБОТЕРМІЧНИМ МЕТОДОМ

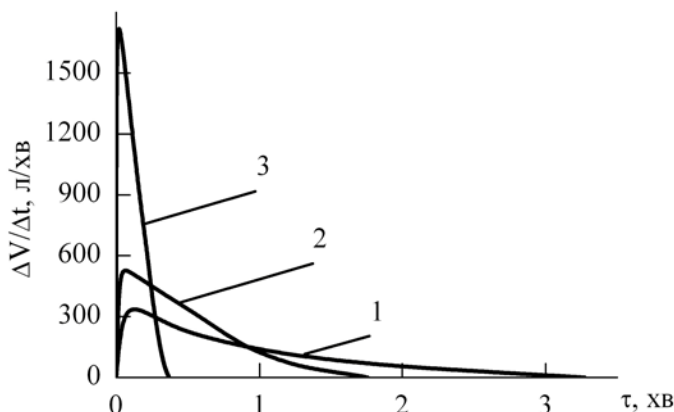
**Козін Л.Х., Волков С.В., Гончаренко С.Г., Данільцев Б.І.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України  
проспект Академіка Палладіна, 32/34, Київ, 03142, Україна, kozin@ionc.kiev.ua

За оцінками багатьох вчених, світові запаси нафти, які використовуються в якості палива будуть практично вичерпані за 30-50 років. Замінити вуглеводневе паливо на Землі може водень. Одержання водню сучасними методами (конверсією природного газу та вуглеводнів) оснований на використанні вичерпаних природних копалин, тому необхідно розробляти нові методи отримання водню. Найбільш придатним джерелом водню є вода, яка є зручною в усіх відношеннях та практично не витрачається в природі, оскільки безперервно регенерується в обмінних процесах і у водневій енергетиці, будучи кінцевим продуктом при окисленні газоподібного водню при отриманні теплової та електричної енергії. В зв'язку з цим нами розробляються нові способи одержання водню з води за допомогою енергоакуюлюючих речовин (ЕАР), які можна багаторазово окиснювати та відновлювати тобто використовувати як робоче тіло при отриманні водню [1].

Зразки сплавів активованого цинку (систем Zn-Bi, Zn-Sn-Bi, Zn-Sb-Bi) отримували в електропечі при температурі 700 °С в умовах інтенсивного гідродинамічного перемішування. Дослідження кінетики та механізму реакцій взаємодії з водою одержаних сплавів активованого цинку, які виконували функцію ЕАР, проводили в реакторі високого тиску (р<sub>і</sub>).

Волюмометричним методом при високих тисках досліджено кінетику і встановлено механізм взаємодії двокомпонентної (Zn-Bi) та трьохкомпонентних (Zn-Sn-Bi, Zn-Sb-Bi) сплавів з водою з виділенням водню в інтервалі температур 150–325 °С. Встановлено, що константи швидкості взаємодії розроблених сплавів з водою з виділенням водню для даних систем при 325 °С відповідно рівні 0.484; 0.748 та 2.520 хв<sup>-1</sup>. Встановлено, швидкості виділення водню з води двокомпонентної (Zn-Bi) та трьохкомпонентних (Zn-Sn-Bi, Zn-Sb-Bi) систем при взаємодії з водою в інтервалі температур 150–325 °С. На рис. 1 показано залежність швидкості виділення водню для даних систем, з якого видно, що максимальна швидкість виділення водню при 325 °С відповідно становить 343; 538 та 1760 лН<sub>2</sub>/хв. З температурної залежності констант швидкості взаємодії двокомпонентної (Zn-Bi) та трьохкомпонентних (Zn-Sn-Bi, Zn-Sb-Bi) сплавів з водою з виділенням водню, визначені енергії активації, які відповідно рівні 73,4, 52,6 та 64,6 кДж/моль.



**Рис. 1.** Залежність швидкості виділення водню від часу при взаємодії з водою 1– цинком, активованого вісмутом 10,0 мас. %; 2– цинком, активованого вісмутом 10 мас. % та модифікованого оловом 3,0 мас. %; 3– цинком активованого вісмутом 5 мас. % та модифікованого стибієм 3,0 мас. %: при температурі 325 °С.

1. Козин Л.Ф., Волков С.В. Современная энергетика и экология: проблемы и перспектива. Киев: Наукова думка, 2006. - 775.

# РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТЕРМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛІ ТА НІКЕЛЮ ВАНАДІЄМ, НІОБІЄМ, ТАНТАЛОМ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТОДНОГО ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА АНОДНОГО ВИДІЛЕННЯ КИСНЮ НА МОДИФІКОВАНИХ ЕЛЕКТРОДАХ З ЛУЖНОГО РОЗЧИНУ

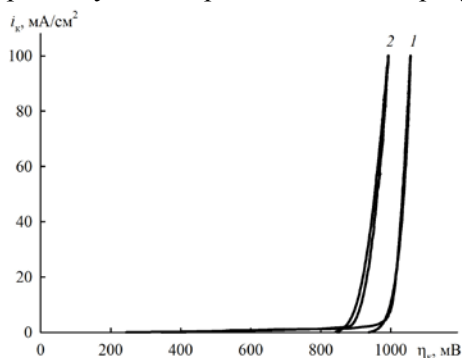
**Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Машкова Н.В., Куций А.В.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України  
03680, Київ-142, пр. Палладіна 32/34, e-mail: kozin@ionc.kiev.ua

Як слідує з публікацій ряду дослідників, каталітична активність різних електродів при розкладанні води електролізом лужних розчинів зростає при наявності на їх поверхні адсорбованого кисню, оксидів або гідроксидів. В даній роботі в якості деполяризаторів катодного виділення водню та анодного виділення кисню з лужного розчину на сталевих та нікелевих електродах випробували кисневмісні сполуки ванадію, ніобію і танталу.

Метод модифікування поверхні сталевих (X18H10T) та нікелевих електродів полягав в термічній обробці електродів за наявності на їх поверхні кисневмісних сполук вказаних металів. Наприклад, для модифікування поверхні електродів оксидами ванадію використали метаванадат амонію, який після додання незначної кількості води наносили на поверхню електродів, висушували і витримували при 800°C протягом 1 години. Врахували те, що температура розкладання метаванадату амонію за реакцією  $2\text{NH}_4\text{VO}_3 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{V}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$  складає 136°C, а температура плавлення  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 670-690°C. При температурі більше 700°C  $\text{V}_2\text{O}_5$  починає випаровуватись з частковою дисоціацією за реакцією  $2\text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{VO}_2 + \text{O}_2$ . Таким чином, обґрунтовано очікували, що за вказаних вище умов оксиди ванадію взаємодіють з поверхнею сталі та нікелю. За даними рентгеноструктурного аналізу на поверхні сталевих електродів, модифікованій шляхом термолізу  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ , знаходяться, в основному, сполуки типу  $(\text{CrFe})\text{VO}_4$  та  $(\text{FeV})_2\text{O}_5$ , а після проведення на модифікованих електродах катодних та анодних поляризаційних вимірювань основними сполуками на їх поверхні є  $(\text{CrFe})\text{VO}_4$  та  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . В якості вихідних кисневмісних сполук ніобію і танталу для термічної модифікації поверхні сталі та нікелю використали їх пентахлориди, які при контакті з вологим повітрям та водою гідролізували до відповідних пентаоксидів. Електронні мікрофотографії поверхні модифікованих електродів до та після проведення на них поляризаційних вимірювань свідчать, що в процесі електролізу морфологія поверхні змінюється, однак поверхня залишається сильно розвиненою та неоднорідною.

На немодифікованих та на поверхнево модифікованих сталевих та нікелевих електродах були одержані поляризаційні криві катодного виділення водню та анодного виділення кисню з 30 % розчину КОН при кількох температурах в діапазоні від 25 до 70°C. На рисунку приведені залежності



густини струму від перенапруги у випадку анодного виділення кисню з вказаного розчину при 25°C на сталі X18H10T до (крива 1) та після (крива 2) термічного розкладання на її поверхні метаванадату амонію. Видно, що перенапруга виділення кисню на поверхнево модифікованій сталі приблизно на 100 мВ менша, ніж на немодифікованій. Встановлено, однак, що на величину перенапруги катодного і анодного процесів на модифікованих електродах значний вплив справляє тривалість вимірювань, що свідчить про нестійкість поверхневого шару модифікованих електродів в лужному розчині. Очевидно, частина поверхневих сполук переходить в розчин у вигляді

ванадатів, ніобатів та танталатів. Тому, наприклад, при проведенні анодних поляризаційних вимірювань на сталевому електроді, поверхнево модифікованому кисневмісними сполуками ніобію, розчин КОН набуває жовтувато-зеленуватого кольору. Циклічні 10-кратні поляризаційні вимірювання на модифікованих електродах показали, що з часом поверхня електродів стабілізується і поляризаційні криві починають співпадати. При цьому напруга електродних процесів зменшується, зокрема анодна перенапруга на сталевому електроді, модифікованому продуктами термолізу метаванадату амонію, знижується ще на 250 мВ при густині струму 100  $\text{mA/cm}^2$  і температурі 25°C.

# СЕЛЕКЦІЯ ЗМІШАНИХ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ (ЗМУ) - СТАБІЛЬНО ФУНКЦІОНУЮЧИХ АСОЦІАЦІЙ НА ОСНОВІ ДОМІНУЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ $H_2$

**Таширева Г.О., Притула І.Р., Демченко Л.І., Таширев О.Б.**

Інститут мікробіології і вірусології НАНУ України,  
03680, м Київ, вул. Заболотного, 154, [anna\\_tach@ukr.net](mailto:anna_tach@ukr.net)

Проведено скринінг змішаних мікробних угруповань природних (грунтових, пташиний послід, коров'ячий гній) та техногенних (зброджений осад метантенку) асоціацій мікроорганізмів-продуцентів  $H_2$ . Селекціоновано 4 асоціації спороутворюючих  $H_2$ -синтезуючих бактерій. Як селективні фактори використовували пастеризацію та анаеробні умови культивування. Це забезпечувало селекцію термостабільних спороутворюючих бактерій, які є продуцентами  $H_2$ . У дослідках були використані два типи субстратів – відходи картоплі та змішані харчові відходи (ЗХВ). Картопляні відходи використані з огляду на те, що анаеробні бактерії утворюють з них найбільшу кількість  $H_2$  [1]. Синтез водню зі ЗХВ досліджено тому що вони безперервно утворюються у великих об'ємах у мегаполісах та можуть слугувати стратегічним джерелом для отримання  $H_2$  у промислових масштабах [3]. Визначено оптимальні умови для ефективного синтезу  $H_2$  асоціаціями. Відомо, що небажана мікрофлора органічних відходів може гальмувати синтез водню. Тому нами досліджено вплив пастеризації субстратів на ефективність синтезу  $H_2$  асоціаціями. Величина рН середовища істотно впливає на ефективність синтезу  $H_2$  і є характерною для кожної асоціації та типу субстрату [2]. Нами встановлено, що постійний високий вихід водню відбувається лише при стабільному рН середовища. Для асоціацій визначені два оптимуми рН: перший у діапазоні 5,0...5,5 для асоціацій гною, ґрунту та збродженого осаду метантенку (ЗОМ), що зброджували як картоплю, так і ЗХВ; другий - у діапазоні рН 3,6...3,8 для асоціацій пташиного посліду, застосовані для збродження обох субстратів. При відхиленні рН від оптимального як в бік більш кислих, так і більш лужних значень, об'єм синтезованого газу різко зменшувався, вміст  $H_2$  знижувався на 7 - 10 %. Порівняння ефективності синтезу водню при використанні пастеризованих та непастеризованих субстратів показало, що мікрофлора непастеризованих відходів конкурувала за субстрат з селекціонованими асоціаціями і значно пригнічувала синтез водню. Пастеризація змішаних харчових відходів призводила до підвищення ефективності синтезу  $H_2$  на 90 % у порівнянні з нестерильними відходами, де домінували процеси утворення  $CO_2$ . Пастеризація відходів картоплі при використанні всіх асоціацій призводила до підвищення ефективності синтезу  $H_2$  всередньому на 30 % та скороченню циклу бродіння з 13-14 до 7-8 діб. Визначено ефективність синтезу водню селекціонованими асоціаціями. Основним критерієм відбору асоціацій був стабільно високий вміст водню протягом всього циклу бродіння. Для ефективних асоціацій розраховані показники питомої швидкості синтезу водню [1] – середнє значення об'єму (літри)  $H_2$ /кг відходів/добу. Найбільш ефективними для збродження пастеризованих змішаних харчових відходів виявились асоціації ЗОМ та пташиного посліду. Питома швидкість синтезу  $H_2$  асоціацією ЗОМ (рН=5) складала 1,2 л/кг/добу, всього 13,2 літрів  $H_2$ /кг відходів. Асоціація посліду при рН=3,8 синтезувала – 0,5 л/кг/добу, а всього - 4,5 л $H_2$ /кг. При збродженні пастеризованих відходів картоплі найвищі показники питомої швидкості синтезу  $H_2$  були визначені при використанні асоціацій ґрунту та ЗОМ (рН=5) та асоціації посліду (рН=3,8). Показники синтезу  $H_2$  склали 1,1 л/кг/добу для асоціації ґрунту, 0,9 л/кг/добу – для ЗОМ та 0,52 л/кг/добу для асоціації посліду. При збродженні непастеризованих субстратів показник питомої швидкості синтезу  $H_2$  складав 0,35-0,52 л/кг/добу за використання тих самих асоціацій. Отримані результати за показниками питомої швидкості синтезу  $H_2$  аналогічні при використанні таких дорогих субстратів як глюкоза та цукроза, та в 1,5-2 рази перевищують при використанні відходів і стічних вод [1]. Виділені спороутворюючі асоціації можуть бути використані для створення гранульованих мікробних препаратів для промислового синтезу молекулярного водню.

1. Dem Irel B., Schere P., Yenigun O., Turgut T. Production of Methane and Hydrogen from Biomass through Conventional and High-Rate Anaerobic Digestion Processes, *Environmental Science and Technology*, **2010**, Vol.40 P.116–146.

2. Fang, H.H.P.; Liu, H. Effect of pH on Hydrogen Production from Glucose by a Mixed Culture; *Biores. Technol.* **2002**, Vol. 82, P.87-93.

3. Lay, J.J.; Lee, Y.J.; Noike, T. Feasibility of Biological Hydrogen Production from Organic Fraction of Municipal Solid Waste; *Water Res.* **1999**, Vol.33, 2579-2586.



# ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТАЛІТИЧНОЇ КАРБОНІЗАЦІЇ ТВЕРДОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

**Трипольський А.І., Калішнін Є.Ю.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,  
03028, м. Київ-28, пр. Науки 31, [atripolski@gmail.com](mailto:atripolski@gmail.com)

Перспективним напрямом зменшення використання імпортованого палива є комплексне використання наявних в Україні резервів біомаси для виробництва водню. Біомаса в Україні може бути використана шляхом її конверсії в тверде паливо з подальшою його газифікацією у водень. Як найбільш доцільний варіант розглядається виробництво з відходів біомаси біо-вугілля, яке не містить смол та сполук сірки, а вихід летких компонентів на пальну масу становить 70-90 %. Для збільшення енергоємності біо-вугілля (зі зменшенням його питомої ваги й об'єму по відношенню до вихідної біомаси) та зниження енергетичних витрат необхідно використовувати сучасні способи каталітичної карбонізації для конверсії летучого вуглецю у фіксований вуглець. Проведені нами раніше дослідження показали, що активування деревини деяких порід хімічними сполуками та подальша її карбонізація збільшує вихід деревного вугілля. Найбільший вихід деревного вугілля та найбільший вміст фіксованого вуглецю було отримано для зразка, який був оброблений розчином фосфорної кислоти.

Основною метою роботи було дослідження каталітичної карбонізації різних типів твердої відновлюваної сировини та їх окремих складових компонентів з метою отримання деревного вугілля з високою реакційної здатністю для подальшої ефективної конверсії у водень. Для вивчення впливу процесу карбонізації біомаси різної природи було обрано відходи лузги соняшника, бавовняно-паперової тканини, лігніну та паперу. В якості каталізаторів карбонізації біомаси були використані неорганічні сполуки з сильними кислотними та лужними властивостями. В процесі роботи до відходів біомаси різної природи було введено  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Дослідження процесу карбонізації різних типів твердої відновлюваної сировини проводилось спільно з Інститутом вугільних енерготехнологій НАН України.

Вихід біо-вугілля після карбонізації відходів лузги соняшника збільшується: в 1,1 рази після просочення 0,2%- водним розчином  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , в 1,3 рази - 5%-розчином  $\text{NaOH}$ , в 1,8 рази - 5%-водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , в порівнянні з вихідом вугілля із зразка, що був просочений лише дистильованою водою [1]. Таким чином, максимальний вихід вугілля спостерігається при використанні фосфорної кислоти. Аналіз отриманих результатів з каталітичної карбонізації окремих компонентів біосировини показав, що завдяки просоченню відходів бавовняно-паперової тканини (БВТ) 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в порівнянні з просоченням відходів БВТ дистильованою водою в результаті карбонізації збільшено вихід вугілля в перерахунку на суху масу в 1,55 рази. Просочення відходів паперу 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в порівнянні з просоченням відходів паперу дистильованою водою в результаті карбонізації збільшується вихід вугілля в перерахунку на суху масу в 1,50 рази. В той же час просочення лігніну 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в порівнянні з просоченням лігніну дистильованою водою в результаті карбонізації збільшено вихід вугілля в перерахунку на суху масу в 1,53 % рази. Крім того, карбонізація зразку відходів лузги соняшника, що був просочений дистильованою водою спостерігається за температури  $700^\circ\text{C}$ , тоді як карбонізація зразків, які просочені хімічними сполуками відбувається в температурному інтервалі  $450 - 550^\circ\text{C}$ .

## Список публікацій:

1. Изучение процесса карбонизации лузги подсолнечника /А.Н. Дудник, П.Е. Стрижак, И.С. Соколовская, А.И. Трипольский, Е.Ю. Калишин, В.В. Донец// Сборник научных статей. Современная наука.- 2011.- 4(6) – 5 с.

# СТВОРЕННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ, А ТАКОЖ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

**Тітов В.Є., Курись Я.І., Дядюн В.С., Мішура А.М., Уставицька О.О.,  
Кошечко В.Г., Походенко В.Д.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України  
03028, Київ-28, пр. Науки 31, e-mail: [titov@inphyschem-nas.kiev.ua](mailto:titov@inphyschem-nas.kiev.ua)

Вивчені процеси електрохімічного виділення водню з кислих та лужних водних розчинів на катодах із скловуглецю, модифікованих вуглецевими багатостінними нанотрубками, синтезованими методом fixed-bed CVD, та вуглецевих нановолокон. Розроблено методи хімічного нанесення нанорозмірних частинок металів Ni, Co, Mo, W із водних розчинів відповідних солей металів та ін. на вказані нанорозмірні вуглецеві носії. Для механічної стабілізації модифікованих нанотрубок в якості зв'язуючого використовували полівініліденфторид. На основі отриманих поляризаційних залежностей побудовані Тафельові криві та розраховані основні кінетичні параметри електрохімічного виділення водню з води на згаданих модифікованих електродах. Досліджено вплив різних чинників (кислотність середовища, температури та ін.) на характеристики процесу електрохімічного виділення водню на модифікованих електродах. В результаті проведених досліджень встановлено, що на модифікованих наноструктурованих електродах процес електрохімічного виділення водню відбувається значно легше, що проявляється в зсуві потенціалу відновлення водню в анодну область до 50 мВ в кислих розчинах (0.1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), та до 400 мВ в лужних (6 М КОН), а також в збільшенні на 1÷2 порядки щільності струму обміну.

Одержано композити на основі електропровідних полімерів (поліпіролу – ППі, поліаніліну – ПАН, полі-*o*-фенілендіаміну) та металевого кобальту, в тому числі на вуглецевій підкладці (ацетиленова сажа) – складових багатокомпонентних гібридних електрокаталізаторів відновлення кисню для низькотемпературних паливних елементів. Методом ПЕМ показано, що принаймні частина кобальту знаходиться в композитах у вигляді наночастинок металу розміром 5-20 нм, а виявлений в ІЧ спектрах зсув характеристичних смуг полімерів, що відносяться до C-N зв'язків в область менших хвильових чисел, може свідчити про те, що кобальт, який входить до складу композитів, переважно формує зв'язки з атомом азоту полімерного ланцюга. Встановлено, що одержані нанокompозити є електрохімічно активними в області потенціалів -0,4÷1,0 В (відн. Ag/AgCl), характеризуються високою стабільністю редокс-характеристик в процесі оборотних електрохімічних перетворень у 0,1 н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та виявляють електрокаталітичні властивості у реакції відновлення кисню (РВК). Показано, що наявність Co в композитах призводить до значного позитивного зсуву виникнення каталітичних струмів (> 200 мВ для композитів на основі ПАН; > 300 мВ – на основі ППі) та їх максимумів порівняно з індивідуальними полімерами.

Вивчено можливість підвищення ефективності спільної електрохімічної конверсії діоксиду вуглецю - побічного продукту отримання водню з вуглеводневої сировини - з фреоном CF<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub> з утворенням цінних фторвмісних карбонових кислот (CF<sub>3</sub>CCl<sub>2</sub>COOH, CF<sub>3</sub>CClHCOOH, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH,) за рахунок проведення процесу в умовах гомогенного і гетерогенного електрокаталіза. Виявлено каталітичну дію срібного катода в досліджуваному процесі, що дозволило підвищити вихід карбоксильованих продуктів (до 41%) і знизити потенціал ведення процесу (на 300 мВ). Виявлений каталітичний ефект пояснюється з точки зору формування комплексу Ag<sup>+++</sup>Hal<sup>+++</sup>R<sub>f</sub> (де Ag - атоми срібла на поверхні електрода, HalR<sub>f</sub> -молекула фреону) в якому полегшується розрив зв'язку Hal-R<sub>f</sub>. Показано, що ще більше зниження потенціалу (до 600 мВ) при досить високих виходах продуктів електрохімічного карбоксилування можна досягти шляхом використання медіаторів переносу електрона різних класів (стабільних аніон-радикалів, комплексних сполук нікелю та ін.).

# ПАРОВИЙ ТА ПАРО-КИСНЕВИЙ РИФОРМІНГ C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-ВУГЛЕВОДНІВ НА СТРУКТУРОВАНИХ Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/КОРДІЄРИТ КАТАЛІЗАТОРАХ

**Губарені Є.В., Соловйов С.О., Курилець Я.П.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України,  
03028, Київ, проспект Науки, 31, e-mail: soloviev@inphyschem-nas.kiev.ua

Процеси окислювального риформінгу C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>-алканів, гомологів метану, які містяться в природному газі, з метою отримання водню і синтез-газу (CO + H<sub>2</sub>) здійснюються при значно нижчих температурах, ніж конверсія метану. Проте збільшене співвідношення вуглець/водень в молекулах алканів сприяє накопиченню вуглецю на поверхні каталізаторів.

В якості каталізаторів для риформінгу вуглеводнів використовували Ni/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-композити, нанесені на блочний носій стільникової структури з синтетичного кордієриту, які проявили високу активність та толерантність до завуглецювання у процесах окислювального риформінгу метану.

Встановлено, що за подвійного стехіометричного надлишку водяної пари (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 4) конверсія етану досягає 95-98% в температурному інтервалі 510-600°C в присутності каталізатора 5%NiO+4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит. Селективність по водню складає 90 та 99% при 500°C та 650°C, відповідно. За рахунок модифікування каталізатора La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та CeO<sub>2</sub> у кількості 1% мас. досягається зниження температури досягнення високих конверсій на 60 і 100°C, відповідно.

Реакційна здатність пропану в реакціях риформінгу дещо вища порівняно з етаном та метаном. Так у процесі парової конверсії (ПК) пропану при надлишку водяної пари (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 6) в присутності каталізатора 5%NiO + 4%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 1%La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит 100%-а конверсія C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> досягається вже при 430°C, що на 20°C нижче, ніж для етану в присутності цього ж каталізатора. За рахунок перебігу реакції водяного газу (CO + H<sub>2</sub>O = CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>) у ПК етану і пропану досягаються більші виходи по водню, ніж при конверсії метану. До температур 450°C вміст CO в синтез-газі незначний і досягає максимуму при 650°C. В синтез-газі методом мас-спектрометрії встановлена присутність невеликих кількостей метанолу, етанолу, етилену та пропену.

Як показали дослідження, процес ПК етану та пропану (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> + nH<sub>2</sub>O = nCO + (m/2+n)H<sub>2</sub>) спряжений з утворенням CH<sub>4</sub>. Залежність концентрації метану у продуктах реакції має вигляд кривої з максимумом при 350-450°C, що свідчить про його конверсію при температурах вище 400°C. Метан може утворюватись двома шляхами: 1) метанування CO (CO + 3H<sub>2</sub> = CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O) та 2) гідрування етану, чи пропану (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> + kH<sub>2</sub> ⇌ CH<sub>4</sub>). Внаслідок утворення метану в діапазоні температур 350-450°C селективність по водню зменшується до рівня 60-70%. Варіювання концентрацією H<sub>2</sub>O при співвідношенні H<sub>2</sub>O/C (кількість молекул H<sub>2</sub>O на один атом вуглецю в молекулі алкану) в межах 1÷3 в присутності La-модифікованого каталізатора помітно не впливає на концентрацію CH<sub>4</sub> при ПК етану (при 450°C), в той час як для конверсії пропану (при 390°C) залежність концентрації CH<sub>4</sub> має вигляд кривої з мінімумом при H<sub>2</sub>O/C = 2. Це може бути пов'язане з тим, що збільшення концентрації водяної пари сприяє перебігу реакції гідрогенлізу пропану, і зменшення вкладу реакції метанування CO, про що свідчить також зростання селективності по водню (понад 80%) та CO при H<sub>2</sub>O/C > 2.

Варіювання співвідношенням H<sub>2</sub>O/C здійснює неоднозначний вплив на процес конверсії C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-алканів в присутності Ce- та La-модифікованого каталізатора. Так, при зміні співвідношення H<sub>2</sub>O/C від 1,5 до 3 конверсія етану (при 450°C) зменшується від 89 до 85%, концентрації H<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub> зростають, а концентрації CO та CH<sub>4</sub> - знижуються. Для пропану (при 390°C) зниження конверсії ще більш значне – від 96 до 88%, в діапазоні H<sub>2</sub>O/C = 1,5-3 концентрація водню майже не змінюється. Зниження конверсії C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>-вуглеводнів при збільшенні концентрації водяного пару може бути зумовлено зсувом рівноваги процесу окислення-відновлення активного Ni продуктами дисоціації H<sub>2</sub>O в бік NiO. Необхідно відмітити, що помітного зниження активності в часі Ni/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-каталізаторів навіть за низьких співвідношеннях C/H<sub>2</sub>O не спостерігалось.

Додавання до складу газової суміші кисню (до значення C/O = 1) при 380°C значно збільшує селективність по водню (до 75%), оскільки при цьому майже в 2 рази зменшується кількість продуктового CH<sub>4</sub>. На конверсію етану додавання кисню помітно не впливає. Проте селективність по CO знижується, що відображається у зменшенні вмісту CO та 50%-му зростанні концентрації CO<sub>2</sub> у синтез-газі.

# ПАРЦІАЛЬНЕ ОКИСНЕННЯ МЕТАНОЛУ НА Cu-Zn-Cr-Ni-ОКСИДНИХ СТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ

**Капран А.Ю., Орлик С.М.**

Інститут фізичної хімії ім.Л.В.Писаржевського НАН України,  
проспект Науки, 31, Київ 03028, E-mail: [ayukapran@ukr.net](mailto:ayukapran@ukr.net)

Супряження парової конверсії і парціального окиснення метанолу за умов, наближених до автотермічного риформінгу (АТР), становить інтерес для ряду областей застосування водневого палива, зокрема щодо низькотемпературних паливних елементів на основі протонобмінних мембран [1]. Розроблення високоефективних каталізаторів АТР потребує досліджень окремих стадій комбінованого процесу.

В даній роботі представлено результати досліджень впливу оксидів нікелю і хрому в складі ZnO-CuO-вмісних каталізаторів, в тому числі модифікованих оксидами рідкісноземельних елементів, на структурованих носіях (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит) на перебіг парціального окиснення метанолу (ПОМ: CH<sub>3</sub>OH + 0,5O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>, Δ<sub>R</sub>H° = -192 кДж/моль) (табл.). В центрі уваги – істотне зниження температур перебігу цільового процесу порівняно з тими, що мали місце в присутності недопованих зразків ZnO-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит (~500°C) [2].

Таблиця. Селективність і вихід по водню в процесі парціального окиснення метанолу на каталізаторах ZnO-CuO-M<sub>x</sub>O<sub>y</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит (M<sub>x</sub>O<sub>y</sub>: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, CeO<sub>2</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)  
/C<sub>CH<sub>3</sub>OH</sub> (об.%) / C<sub>O<sub>2</sub></sub> (об.%) = 4/2, W = 2500 год<sup>-1</sup>/

| Каталітична композиція                          | Конверсія CH <sub>3</sub> OH,<br>% / t, °C | H <sub>2</sub>   |          |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------|----------|
|                                                 |                                            | Селективність, % | Вихід, % |
| 7%ZnO-9%CuO-7%NiO                               | 100/280-430                                | 64-73            | 64-73    |
| 7,5%CeO <sub>2</sub> -10%CuO-7%NiO              | 100/250-315                                | 66-71            | 66-71    |
| 6%La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -9%CuO-6%NiO   | 100/280-320                                | 66-77            | 66-77    |
| 12%Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -9%CuO        | 93-100/240-315                             | 88-93            | 81-93    |
| 7,5%ZnO-11%CuO-6%Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 94-98/275-300                              | 88-90            | 84-88    |

Допування оксидом нікелю (згідно РФА - нанорозмірні кристаліти кубічної модифікації) сприяє істотному зниженню (на ~200-250°C) температур повної конверсії метанолу. Найвищі показники селективності і виходу по водню спостерігаються для La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-вмісного зразка, присутність якого в складі каталізатора сприяє формуванню більш диспергованих частинок оксиду нікелю (8 нм) порівняно з композиціями ZnO-CuO-NiO і NiO-CuO (22 нм і 29 нм, відповідно). Слід, проте, зазначити, що максимальні показники виходу водню для NiO-допованих композитів (71-77%) дещо поступаються відповідним величинам, які спостерігались в реакції ПОМ в присутності каталізатора ZnO-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/кордієрит (88%) [2]. Зазначене зниження обумовлено, ймовірно, перебігом зворотної реакції водяного зсуву: CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → CO + H<sub>2</sub>O. Окрім того, в присутності NiO-допованих композитів селективність по монооксиду вуглецю складала ~50%, що пов'язано з конкуруючим процесом розкладу метанолу: CH<sub>3</sub>OH → CO + 2H<sub>2</sub>. Промотуючий ефект NiO, згідно даних термопрограмованого відновлення воднем, обумовлено стабілізацією оксидної форми міді (нанокристаліти, 28-32 нм, моноклінної модифікації) в температурному інтервалі високопродуктивного режиму цільового процесу ПОМ.

Оксид хрому - більш ефективний допант порівняно з оксидом нікелю. Селективність і вихід по водню для Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-вмісних каталітичних композицій складає 81-93% при температурах 240-315°C, водночас як селективність по монооксиду вуглецю (4-20%) - істотно нижча за відповідні величини для допованих оксидом нікелю каталізаторів.

[1] Geissler K., Newson E., Vogel F., Truong T.-B., Hottinger P., Wokaun A. // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2001. – 3. – P. 289 – 293.

[2] Kapran A.Yu., Soloviev S.O., Orlyk S.N. // Reac. Kinet. Mech. Cat. – 2010. - 101. – P. 343 - 353.

# РОЗРОБКА ПРОТОНОПРОВІДНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІЄНОВИХ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ КАТАЛІЗАТОРА ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ІЗ ВУГЛЕЦЕВОЇ СИРОВИНИ

**Бортишевський В.А., Корж Р.В., Рогальський С.П., Бурдейний В.Г., Тарасюк О.П.**

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, Мурманська 1, Київ, 02094, Україна

Перспективним паливом майбутнього вважається водень. Однак, до того часу, поки не буде реалізовано виробництво водню шляхом фотолізу води, головним джерелом водню залишатиметься парова газифікація метану або природного газу. Метан для регіонів, які не мають власних запасів природного газу, можна отримувати паровою газифікацією вугілля; те ж саме стосується й умов суттєвого передбачуваного подорожчання метану. Економічні витрати на здійснення двостадійної схеми конверсії вугілля до водню через метан можна значно знизити при переході до одностадійного отримання водню.

Термохімічна газифікація вугілля, в загальному випадку, здійснюється за температури близько 1000°C. Дослідження газифікації вугілля нижче 800°C показали, що за винятком деякого низькосортного вугілля швидкість парової газифікації дуже низька, а виходи не мають практичного значення. Досягти значних швидкостей газифікації за низької температури можна при використанні каталізаторів. Додавання каталізаторів не лише прискорює газифікацію, але й сприяє переважному утворенню водню.

Істотною вадою каталітичної газифікації вугілля є взаємодія каталізатора з мінеральною речовиною вугілля, що призводить до ненормованого його споживання. Для зниження недоцільних витрат на каталізатор було запропоновано видаляти золу з вугілля до газифікації, хоча таке розв'язання проблеми теж вимагає певних поточних витрат. Іншим шляхом впливу на каталізатор є підвищення активності під впливом протонного струму, створеного через протонопровідний матеріал.

Мета роботи за етапом полягала у розробці нових термостійких протонопровідних полімерних матеріалів для введення до складу каталізатора газифікації вуглецевої маси некондиційного вугілля і торфу для отримання водню.

В результаті виконання етапу проекту були синтезовані нові протонопровідні матеріали на основі полієнових і полібензімідазольних полімерів та їх композитів. Полієнові протонопровідні матеріали отримували шляхом дегідрополіконденсації ацетилену в інертному середовищі (рис. 1). Полібензімідазоли (ПБІ, рис. 2) одержували поливом із розчину за двома способами: поліконденсацією ароматичних тетраамінів з карбоновими кислотами в поліфосфорній кислоті або гомополіконденсацією 3,4-діамінобензойної кислоти. Композити полієнових і полібензімідазольних полімерів у масовому співвідношенні 3/1 готували шляхом змішування.

Фізико-хімічними дослідженнями показано, що синтезований полієновий полімер містить полімерні фрагменти з системою спряжених або кумульованих кратних зв'язків між атомами вуглецю у ланцюзі. Склад ПБІ було визначено за результатами елементного аналізу, а молекулярні маси — за допомогою віскозиметричного методу.

Дослідженням протонопровідних властивостей синтезованих полімерів показано, що полієновий полімер не містить іоногенні групи, але характеризується інжектованою протонною провідністю  $1,6 \cdot 10^{-6}$ – $4,1 \cdot 10^{-4}$  См/см за температур 50–460°C. ПБІ в дослідженому діапазоні температур характеризується власною протонною провідністю на рівні  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  См/см, що на порядок нижче за дані для полієнового полімеру. Проте ПБІ характеризується термічною стабільністю на 50–80° вищою, ніж значення для полієна. Визначено, що у розробленому композиті полієн/ПБІ (3/1) поєднуються висока термічна стабільність полібензімідазолів і задовільна протонна провідність полієна. Разом з тим показано, що визначення оптимального співвідношення полімерів у композиті потребує додаткових досліджень.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ $\text{TiO}_2$ ПЛІВОК МЕТОДОМ CVD В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ РОСТУ

**Силенко П.М., Данько Д.Б., Шлапак А.М., Андрущенко Д.І., Солонін Ю.М.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,  
03680, Київ-142, вул. Кржижановського, 3, Україна, ps-2003@mail.ru

Для осадження фотокаталітичних плівок  $\text{TiO}_2$  застосовують різні методики, зокрема метод хімічного газофазного осадження (CVD). Цей метод відрізняється простотою та можливістю легування плівок з контролем вмісту легуючого елементу.

Розрахунки залежності термодинамічного потенціалу Гібса від температури проводили для реакцій 1-3. Як показали результати розрахунків, для проходження всіх цих реакцій немає заборони з точки зору термодинаміки (рис. 1). Плівки синтезували за реакцією (1). Проведено дослідження кінетики росту плівок  $\text{TiO}_2$  у температурному діапазоні  $400 \div 700$  °C.

Дослідження впливу складу парогазової суміші на процес синтезу плівок  $\text{TiO}_2$  проводили, змінюючи співвідношення  $\text{H}_2 : \text{CO}_2$  за рахунок різних витрат водню при фіксованих значеннях витрат вуглекислого газу. Склад парогазової суміші, як і температура, впливає на морфологію поверхні плівок  $\text{TiO}_2$  [1]. Дослідження плівок на SEM показали, що на їх поверхні ростуть як глобули, так і монокристали у вигляді волокон та пластинок (рис. 2).

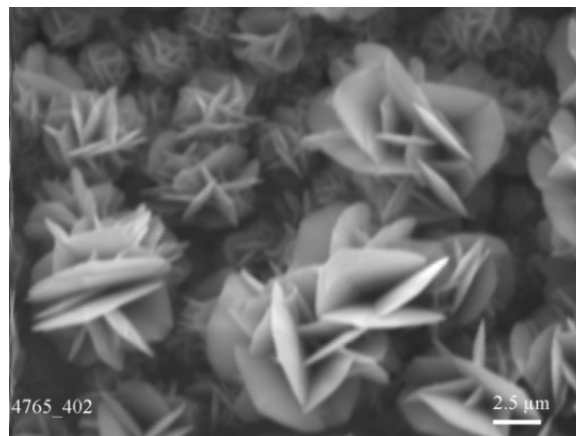
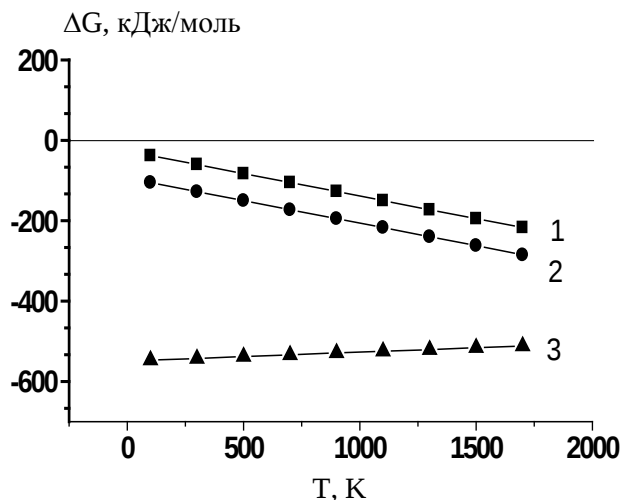
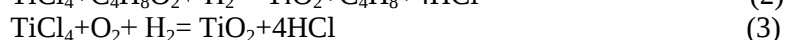
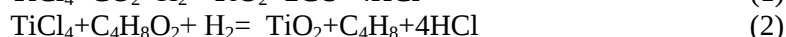


Рис. 1. Залежність потенціалу Гібса від температури для реакцій 1-3.

Рис. 2. Морфологія поверхні плівки  $\text{TiO}_2$  на кремнієвій підкладці.

[1] Силенко П.М., Данько Д.Б., Шлапак А.М., Єршова О.Г., Солонін Ю.М. Синтез плівок  $\text{TiO}_2$  методом CVD та їх властивості // Електронная микроскопия и прочность материалов, 2008. – 15. - С. 147-154.

## **ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ ЗА ПРОЕКТАМИ ПРОГРАМИ «ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЯХ»**

**Чернишев Л.І., Білан І.І., Гудименко Т.В., Левіна Д.А., Ковальова Л.О**

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України,  
03142,м.Київ-142,вул..Кржижанівського 3, e-mail:belanira@bk.ru

Інформаційне забезпечення виконання проектів програми проведено в декілька етапів. На першому етапі були створені запити за кожним окремим проектом програми для реферативно-бібліографічних баз даних як власного формування та супроводження (АПС «Документ»), так і всесвітньо відомих баз даних BINITI, SCOPUS, SCIRUS, до яких було організовано доступ в 2011 році. Пошуки за запитами учасників виконання проектів програми були проведені як англійською, так і російською мовами. На другому етапі зроблено повнотекстове забезпечення результатів кожного пошуку. Електронна бібліотека ресурсу програми містить понад 100 реферативних добірок, електронні версії основних європейських періодичних видань за тематикою програми, оглядову, патентну інформацію та базу основних web-ресурсів. Крім того, програмний ресурс містить інформацію за конкурсами 7 Рамкової програми Євросоюзу за пріоритетними напрямками Energy, Environment, Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies (NMP), а також конкурсів CRDF, EOARD, SCTU та інших. В звітному році доступ до електронного інформаційного ресурсу програми було забезпечено тільки з мережі ІПМ НАН України.

З метою можливості представлення результатів виконання проектів програми в мережах відкритого доступу було проведено підготовку до створення серверу бібліотеки відкритого доступу в ІПМ НАН України. Проведено аналіз програмного забезпечення існуючих в Україні та за кордоном серверів відкритого доступу. За основу було обране програмне забезпечення DSpace, яке найбільш сприятливе для представлення наукових результатів. Такий сервер встановлено в ІПМ НАН України на окремому комп'ютері для подальшого використання в Програмі. Проведено адаптацію цього програмного забезпечення до різних типів документів програми. Організовано доступ до сервера в зовнішньої мережі Internet, що в свою чергу дозволить мати доступ до інформаційного ресурсу програми з будь-якої точки, де є доступ до мережі Internet.

Завершено перший етап створення онтологічної моделі предметної галузі з отримання, збереження, використання та транспортування водню в рамках пріоритету «альтернативні джерела енергетики», а саме воднева енергетика. Розроблені структури метаопису та інформаційної складової для різних типів документів, а також для різних видів інформаційних ресурсів з використанням трьохмовного словника - тезауруса фасетного типу. На цьому етапі система орієнтована на окремих користувачів - учасників виконання проектів програми. Метаописи містять данні трьох типів: системні (службові), структурні та семантичні.

Системні метадані призначені для функціонування інформаційних систем і систем управління знаннями. Вони включають імена файлів і баз, дати їх створення, тип і формат, розмір файлу і вид носія і таке інше.

Структурні метадані містять, як правило, довідкову інформацію про об'єкти. Це можуть бути найменування, статус, структурна приналежність, профіль і т.п. - тобто опис, що використовується при ідентифікації та категоризації об'єктів у тих чи інших цілях.

Семантичні метаописи - особливий вид описів, що включає концептуальний (анотований) опис змісту і контенту інформації про об'єкт.

Створення серверу відкритого доступу з наступним представленням результатів виконання проектів програми на ньому дозволить не тільки представити результати виконання проектів програми у відкритому доступі, але й отримати доступ до матеріалів інших світових серверів відкритого доступу, які з'єднані в єдину мережу.



# ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Жовтянський В.А., Петров С.М., Дудник О.М.<sup>(1)</sup>,

Колесник В.В., Орлик В.М., Невзгляд І.О.

Інститут газу НАН України, вул. Дегтярівська 39, Київ, 03113, nevzgliad2010@ukr.net

<sup>(1)</sup>Ін-т вугільних енерготехнологій НАН України, 04070, Київ, вул. Андріївська 19

Робота виконана на прикладі пароплазмової газифікації біомаси кукурудзи, яка є значним резервом заміщення традиційних палив. Його обсяг в масштабах України в перерахунку на природний газ складає близько 2 млрд. м<sup>3</sup> [1]. Значне зростання ціни природного газу останніх років стимулює проведення досліджень газифікації цієї вуглецевмісної сировини, зокрема – щодо отримання водню. Власне газифікація кукурудзи може здійснюватися двома шляхами:

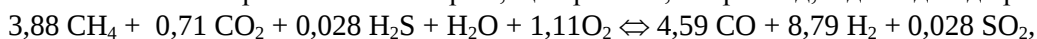
1) на основі силосування біомаси, одним з продуктів якої є біогаз приблизно такого масового складу: CH<sub>4</sub> – 66%, CO<sub>2</sub> – 33%, H<sub>2</sub>S – 1%;

2) безпосередньої плазмопарової газифікації, результатом якої є синтез-газ CO + H<sub>2</sub> з тим чи іншим співвідношенням компонент.

Природно, в технологіях отримання водню найбільший інтерес викликає максимальний вихід цієї сполуки. Плазмопарова газифікація оптимально відповідає цій вимозі [2]. Що ж стосується процесу 1), то для отримання високоліквідних продуктів – таких як водень або моторне паливо – необхідна подальша плазмопарова конверсія отриманого біогазу в синтез-газ. Причому, варіант отримання моторного палива повинен передбачати додаткову операцію синтезу CO + H<sub>2</sub> в технологічному процесі Фішера-Тропша.

У цій роботі проведені попередні теоретичні дослідження щодо ефективності процесу плазмопарової конверсії біогазу та якісні й кількісні експериментальні дослідження безпосередньої плазмопарової газифікації біомаси кукурудзи.

На основі термодинамічного аналізу процесу конверсії біогазу показано, що безпосередня плазмова конверсія біогазу (фактично, вуглекислотна конверсія) енергетично є досить витратною. Крім того, при робочих температурах цього процесу є можливим істотний вихід побічного продукту – конденсованого вуглецю (сажі). З такою домішкою синтез-газ інтересу не представляє. Набагато ефективнішою є плазмова парокиснева конверсія, що протікає, наприклад, відповідно до реакції:



де вода і кисень додані в стехіометричному відношенні. Показано, що в цьому випадку енергетичні витрати на виробництво синтез-газу однакового складу є майже в десять разів меншими, ніж при безпосередній конверсії біогазу, а коефіцієнт використання біогазу при його конверсії в синтез-газ не перевищує 0,37 з урахуванням використання частини біогазу на генерування електричної енергії.

Експериментальна установка для паро-плазмової біомаси побудована на основі плазмотрона «Мультиплаз-3500», який генерує плазмовий струмінь в парах води [2]. Конверсія відходів качанів кукурудзи проводилась в дві стадії. Спершу вони карбонізувались для збільшення теплоти згоряння та насипної щільності вихідного матеріалу. Отримане після карбонізації кукурудзи вугілля конвертувалось у синтез-газ з високим вмістом водню. Враховуючи технічний та елементний аналіз вихідного палива, а також різницю мас зразків (до і після конверсії), визначається ступінь конверсії вуглецю, а за даними витрат та складу газу на виході установки – швидкість реагування вуглецю. Отримано синтез-газ з вмістом водню від 50,1 до 64,9 об. %. Ступінь конверсії фіксованого вуглецю за даними аналізу твердої фази становила 99,8 %.

[1] Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році / Ред. Ліп В.Е., Яценко Ю.П., Жовтянський В.А., та ін. – К.: НАЕР, 2009. – 93 с.

[2] . V. Zhovtyansky, O. Dudnyk, I. Nevzgliad, I. Sokolovska. Hydrogen rich gas generation using plasma steam gasification of Ukrainian anthracite and brown coal // Proc. [Int. Conf. on Hydrogen Production 2011](#) (ICH2P-11) (June 19-22, 2011, Thessaloniki, Greece). – Paper No 246. – 9 p.



# СВІТЛО-ЗАЛЕЖНЕ ПРОДУКУВАННЯ ВОДНЮ МІКРО - ВОДОРОСТЯМИ (CHLOROPHYTA) І ФОТОСИНТЕТИЧНИМИ БАКТЕРІЯМИ (RHODOBACTER)

Поліщук О.В., Подорванов В.В., Золотарьова О.К.

Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України,  
01601, м. Київ-1, вул. Терещенківська, 2; membrana@ukr.net

Серед різноманітних біохімічних процесів, які підтримуються фотосинтезом особливу увагу привертає здатність різних груп фотосинтезуючих організмів утворювати водень за умов відсутності кисню в середовищі [1]. Деякі види фотосинтезуючих мікроорганізмів, зокрема *Rubrivivax gelatinosus*, мають унікальну здатність підтримувати метаболічний шлях окислення СО в реакції з водою з утворенням  $H_2$  і  $CO_2$ . Ця реакція протікає в клітинах *R. gelatinosus*, *Rhodospirillum rubrum*, і *Rhodopseudomonas palustris*. Показано, що чадний газ індукуює синтез *de novo* гідрогенази, яка включається в метаболічний шлях окислення СО. Пурпурні несірчані бактерії не можуть використовувати воду як донор електронів, і оскільки не мають фотосистеми, не здатні продукувати кисень. З цією їх властивістю пов'язано, напевно, те, що гідрогенази набагато більш толерантні до наявності кисню в середовищі, ніж гідрогенази окислювальних організмів таких, як ціанобактерії і мікроводорості. Вивчення гідрогеназ *Rhodobacter* необхідне для створення генетичних конструкцій, які б мали здатність продукувати водень в кисневому середовищі.

Метою роботи є була характеристика і введення в культуру нових штамів фотосинтезуючих організмів, здатних до виділення водню за рахунок світло залежного окиснення чадного газу.

Анаеробні пурпурні бактерії ізолювали із зразків озерного мулу, зібраного в різних водоймах України. Після 3 міс анаеробної інкубації в колонії Віноградського пурпурну складову мікробного ценоза переносили на чашки Петрі для подальшого аналізу і переведу в культуру. Для електронної мікроскопії клітини фіксували глутаральдегідом, а затем осмієм тетроксидом. Ультратонкі зрізи клітин виготовляли за допомогою ультрамікромому МТ XL (Bocker Instruments, США). Зрізи контрастували ураніл-ацетатом та перманганатом калію і досліджували в трансмісійному електронному мікроскопі JEM-1300 EX (JEOL, Японія). Чадний газ отримували шляхом нагрівання гексаціаноферату калію з концентрованою сірчаною кислотою.

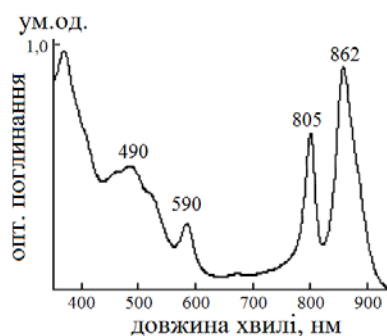


Рис.1. Спектр поглинання клітинного екстракту ізолюваних фотосинтезуючих бактерій.

Спектри поглинання і концентрацію бактеріохлорофілу визначали в ацетон-метанольному (7:2) екстракті клітин. Були зареєстровані максимуми оптичного поглинання при 490, 590, 805 і 862 нм, які характерні для бактеріохлорофілів а, інкорпорованих в реакційні центри і антенні комплекси пурпурних бактерій. Содержание бактеріохлорофіла складало від 4,1 до 4,6 мкг на г сухої ваги.

За допомогою спектральних в мікроскопічних методів показано, що несірчані пурпурні бактерії представлені декількома видами, у тому числі, *Rubrivivax gelatinosus*.

При барботуванні СО через суспензію культури, збагаченої *Rubrivivax gelatinosus*, дуже швидко (протягом 10-30 с) індукуюлося утворення  $H_2$  і відбувалося окислення СО. Водень утворювався відповідно до рівняння:  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ . Реакція виявилася відносно нечутливою до присутності кисню. Так, за присутності 5% кисню в газовій фазі кількість утвореного водню знижувалася на 15%. Такий ступінь інгібування є значно меншим порівняно з процесами фотосинтетичного виділення водню зеленими мікроводоростями, які повністю блокуються вже при 2% вмісті кисню.

1. Tolleter D., Ghysels B., Alric J., Petroutsos D., Tolstygina I., Krawietz D., Happe T. Et al., Control of Hydrogen Photoproduction by the Proton Gradient Generated by Cyclic Electron Flow in *Chlamydomonas reinhardtii* // Plant cell. -2011. – P. 23(7). – P. 2619-2630.

# **ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОСТАДІЙНОЇ КОНВЕРСІЇ ТВЕРДОЇ БІОМАСИ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ: ПЕРЕТВОРЕННЯ БІОМАСИ ТА ВІДХОДІВ У РІЗНІ ВИДИ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ І ВОДНЮ З ОТРИМАНИХ ЗРАЗКІВ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА**

**Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.**

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України,  
вул. Андріївська, 19, м. Київ, 04070, [aldudnik@nas.gov.ua](mailto:aldudnik@nas.gov.ua)

Для досліджень процесів карбонізації органічних відходів створено нову установку з керамічним мікрореактором. Досліджено карбонізацію лузги соняшнику (вміст целюлози 27 %), муніципальних відходів (паперу, тканини, вати - вміст целюлози більше 94 %) та промислових відходів (лігніну). В реактор завантажувались зразки вагою 3,6-3,8 г. Карбонізація проводилась за темпу нагрівання зразків 12-15 °С/хв. впродовж 30-40 хв. до 470-500 °С (з визначенням початку впливу виходу вологи та летучих на темп нагрівання зразків). Далі зразки витримувались впродовж 30-35 хв. за температури 470-500 °С та охолоджувались до 100-120 °С. Отримані сухі зразки вугілля вивантажувались та зважувались.

На першому етапі використано побутові відходи з високим вмістом целюлози: вата, бавовняна тканина (БТ) та папір (після їхнього просочення як дистильованою водою, так і 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Вихід сухого вугілля з сухої вати становив 18,59 %, з сухих зразків БТ та паперу – 22,82 % та 39,59 % відповідно, з попередньо просочених 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  сухих зразків БТ та паперу – 35,37 % та 59,44 % відповідно. Попереднє просочення зразків 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  дозволило збільшити вихід сухого вугілля з БТ в 1,55 рази, а з паперу – в 1,50 рази. Вплив виходу летучих на темп нагрівання: вати спостерігався за температури вати 211 °С; БТ та паперу без просочення розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 171 °С та 222 °С відповідно; БТ та паперу після просочення розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 148 °С та 240 °С відповідно.

На другому етапі досліджено процеси карбонізації лузги соняшнику (ЛС) після попереднього просочення чистою дистильованою водою, 0,2 % водним розчином  $\text{CaO}$  та 5 % водними розчинами  $\text{NaOH}$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  та відходів з високим вмістом лігніну (чистого та просоченого 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) [1]. Вихід сухого вугілля з сухих зразків ЛС після попереднього просочення дистильованою водою, 0,2 % водним розчином  $\text{CaO}$ , 5 % водними розчинами  $\text{NaOH}$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4$  становив 28,11, 29,69, 37,62 та 51,10 % відповідно. Вплив виходу летучих на темп нагрівання ЛС спостерігався за однакової температури ЛС, просоченої як чистою водою, так і водним розчином  $\text{CaO}$  – 232 °С; 5%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – 270 °С; 5 %  $\text{NaOH}$  – 331 °С. Вихід сухого вугілля з сухих зразків лігніну після попереднього просочення дистильованою водою та 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  становив 54,48 та 83,51 % відповідно. Вплив виходу летучих на темп нагрівання лігніну без просочення та з просоченням розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$  розпочинався з 193 °С та 168 °С відповідно.

Досліджено вплив умов карбонізації різних зразків органічних відходів на склад отриманого газу після конденсації з нього рідких сполук. В результаті карбонізації отримувався газ з теплою згоряння від 4,1 до 9,6 МДж/м<sup>3</sup>. На першому етапі карбонізації (до 350 °С) в отриманому газі спостерігався значний вміст  $\text{CO}_2$  (до 73 об. %) та  $\text{CH}_4$  (до 18 об. %) з подальшим збільшенням вмісту  $\text{CO}$  та водню.

Отримані зразки вугілля з відходів БТ, ЛС та лігніну (після попереднього просочення 5 % водним розчином  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) використано для отримання синтез-газу з високим вмістом водню на установці для досліджень паливних елементів з використанням вапна ( $\text{CaO/C} = 4\text{-}6$  г/г) за температур: 650-720 °С, 700-780 °С, 800-900 °С відповідно. Під час парової газифікації вугілля з відходів БТ, ЛС та лігніну отримано сухий синтез-газ з вмістом водню до 81,4, 74,3 та 69,7 об. % відповідно.

1. Изучение процесса карбонизации лузги подсолнечника /А.Н. Дудник, П.Е. Стрижак, И.С. Соколовская, А.И. Трипольский, Е.Ю. Калишин, В.В. Донец// Сборник научных статей. Современная наука. - 2011. - 4(6). – 5 с.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КАРБОНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КАМ'ЯНИХ ТА БУРИХ ВИДІВ ВУГІЛЛЯ, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ВОДНЮ З КАРБОНІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ

Майстренко О.Ю., Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України,  
м. Київ, вул. Андріївська, 19, [aldudnik@nas.gov.ua](mailto:aldudnik@nas.gov.ua)

На першому етапі досліджено процеси карбонізації низькозольного бурого вугілля (НБВ) Кіровоградської області вагою 3,9 г без попереднього просочення та з просоченням 3 % водним розчином  $H_2O_2$ . Вміст золи та летучих в НБВ у перерахунку на суху масу становив:  $A^d = 7,3 \%$ ,  $V^d = 52,7 \%$ . Розмір частинок НБВ – 0,69-1,0 мм. Для карбонізації було використано нову установку карбонізації з мікроканальним реактором. Карбонізація проводилась за темпу нагрівання зразків 13 °C/хв. впродовж 38 хв. до 490 °C. Далі зразки витримувались впродовж 30 хв. за температури 476-490 °C та охолоджувались до 100-120 °C. Отримані сухі зразки вугілля вивантажувались та зважувались. Вихід сухого напівкоксу з сухого НБВ без попереднього просочення та після просочення  $H_2O_2$  становив відповідно 59,3 та 56,5 %. Вплив виходу летучих на темп нагрівання зразку без просочення та після просочення розпочинався за температур 259 °C та 252 °C. Таким же чином проводилась карбонізація високозольного бурого вугілля (ВБВ) Житомирської області без просочення. Вміст золи та летучих в ВБВ становив:  $A^d = 32,5 \%$ ,  $V^d = 40,9 \%$ . Розмір частинок ВБВ – 0,69-1,0 мм. Вихід сухого напівкоксу з сухого ВБВ без попереднього просочення становив 77,2 %. Вплив виходу летучих на темп нагрівання зразку розпочинався за температури 253 °C.

На другому етапі досліджень карбонізації за темпу нагрівання 12 °C/хв використана установка для досліджень паливних елементів зі застосуванням ВБВ Житомирської області та Львівсько-Волинського кам'яного вугілля (по 50 г кожен). Вміст золи та летучих в кам'яному вугіллі становив:  $A^d = 41,9 \%$ ,  $V^d = 22,7 \%$ .

Високозольне буре вугілля підігрівалось до температури 650 °C та витримувалось за температурами 650-680 °C впродовж 30 хв., після чого охолоджувалось до 120 °C. Після карбонізації вихід коксу становив 62,5 %, смоли – 11,4 %, газу – 16,8 %, води розкладання - 9,3 %.

Кам'яне вугілля підігрівалось до температури 750 °C, витримувалось за температур 750-770 °C впродовж 30 хв. та охолоджувалось до 120 °C. Після карбонізації вихід коксу з кам'яного вугілля становив 79,7 %, смоли – 5,9 %, газу – 9,3 %, води розкладання – 5,1 %.

Отримані кокси високозольного бурого та кам'яного вугілля використано для отримання синтез-газу з високим вмістом водню на установці для досліджень паливних елементів з використанням вапна ( $CaO/C = 5-7$  г/г) за температур: 650-710 °C та 830-860 °C відповідно. Під час парової газифікації бурого та кам'яного вугілля отримано сухий синтез-газ з вмістом водню до 73,6 та 70,1 об. % відповідно.

Розроблено нову принципову схему гібридної парогазової установки (ПГУ) на паливних елементах (ПЕ), в якій передбачено використання вугілля та джерела відновлювальної енергії. Пристрій електрохімічного розкладання водяної пари виробляє водень та кисень завдяки використанню відновлювального джерела енергії (повітря чи сонця). Водень надходить в електрохімічний генератор на полімерних ПЕ, а кисень змішується з вуглекислим газом та використовується для спалювання коксу в топці циркулюючого киплячого шару під тиском (ЦКШТ). В топці ЦКШТ відбувається кальцинування вапняку. На виході з топки вуглекислий газ відділяється в сепараторі від циркулюючого матеріалу (коксозольного залишку та вапна). Циркулюючий матеріал надходить в газифікатор киплячого шару, в який подається вугілля та водяна пара. Вапняк та коксозольний залишок повертається з газифікатора в ЦКШТ-топку. В газифікаторі киплячого шару завдяки використанню вапна одержується технічний водень. Технічний водень направляється в ПГУ на твердооксидних паливних елементах ТОПЕ. Електрична потужність парогазової установки ОХУ-Fuel на ТОПЕ – 4,12 МВт, енергоустановки на полімерних ПЕ – 4,5 МВт. Електричний ККД нетто гібридної ПГУ – 40,94 % з урахуванням витрат енергії (1,12 МВт) в газотурбінній установці на компресію, зріджування та нагнітання вуглекислого газу на абсорбцію в підземні сховища.

# РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СУМІСНОЇ РОБОТИ ВІТРОУСТАНОВКИ І ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнецов М.П.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,  
02094, м. Київ, вул. Червоногвардійська, 20А, [geotherm@ukr.net](mailto:geotherm@ukr.net)

Вітро-воднева установка при наявності вітру видає електроенергію споживачеві і одночасно запасє водень, а за відсутності вітру використовує накопичений водень безпосередньо чи для отримання електроенергії. Головним аргументом для застосування таких систем в Україні є наявність досить високого вітроенергетичного потенціалу, адже для отримання водню зараз використовуються в основному дефіцитні енергоресурси, лише близько 4% водню виробляється електролізом [1]. Як показують останні дослідження [2], собівартість при конвертації водню у електроенергію цілком конкурентна з іншими технологіями накопичення енергії.

Розрахункові моделі, що описують сумісну роботу електролізера та вітрової електричної установки (ВЕУ), мають враховувати особливості вітроустановки як пристрою, що перетворює енергію вітру в електричну енергію, та електролізера, що споживає електричну енергію і виробляє водень як кінцевий продукт. Продуктивність вітрової установки суттєво залежить від характеру вітрового навантаження. Отже, при розгляді математичної моделі вітроустановки слід враховувати характеристику потужності та характеристику вітрового потенціалу в місці розташування. При характеристиці електролізера необхідно враховувати режим споживання електроенергії та електрохімічних процесів, умови роботи. Режим роботи потребує особливої уваги, оскільки потужність вітру носить змінний характер, тоді як процес електролізу вимагає дотримання ряду умов.

Перший крок при математичному моделюванні – опис вітрових умов як вхідної характеристики для системи «ВЕУ-електролізер». Другий крок – моделювання вихідної потужності вітроустановки. Тут має враховуватись залежність продуктивності ВЕУ від змінного характеру вітру [3], вивченого на першому кроці. Третій крок – моделювання роботи електролізера при змінному характері живлення. Стабільність його роботи в таких умовах потребує окремого дослідження. Лише на цьому етапі ми можемо оцінити обсяг вироблення водню як товарної продукції. І наступний крок – економічний аналіз та оптимізація цільової функції – вартості продукції, її обсягів, стабільності постачання водню/кисню тощо, в залежності від попиту. Математично ці кроки супроводжуватимуться визначенням наступних функцій: характеру ймовірного розподілу швидкості вітру як випадкової величини  $f(v)$  та прогнозованої на найближчий час швидкості вітру як функції часу  $v(t)$ ; характеристики потужності ВЕУ  $P(v)$  та вироблення електроенергії  $E[P(v), f(v)]$ ; побудова показників ефективності електролізера  $\eta_f$ . Як результат отримаємо графік отримання водню (в одиницях маси чи об'єму) як функціонал, що залежить від означених вище функцій. Застосування методів варіаційного числення дозволить виконати мінімізацію/максимізацію заявленої цільової функції і оптимізувати техніко-економічні показники вітро-водневої установки.

Собівартість водню суттєво залежить від вітрового потенціалу. Для оцінки економічної ефективності таких проектів потрібно враховувати також способи використання водню та ринкові умови. Дослідження та розрахунки, виконані різними авторами, вказують на потенційну економічну доцільність таких проектів, навіть без урахування позитивних екологічних властивостей водню.

1. Шевченко А.А. Ветроэнергетическая установка с водородным накопителем энергии/ А.А. Шевченко, И.А. Воробьева, В.А. Попов.// Международный институт компрессорного и энергетического машиностроения. «Компрессорное и энергетическое машиностроение». Научно-технический и производственный журнал № 3(21) – Сумы, 2010. – С. 15-16.
2. D.Steward, T.Ramsden, K.Harrison. Hydrogen for Energy Storage Analysis. Overview. National Renewable Energy Laboratory, 2010. – NREL/PR-560-48360.
3. Кузнецов М.П. Визначення потенційної продуктивності ВЕУ з урахуванням мінливості вітру. Матеріали VII міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI ст.» - Крим, 2006. - С. 132-135.



# СИНТЕЗ ФОТОАНОДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ КАДМІЮ І ЦИНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ У ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ

**Русецький І.А., Слободянюк І.О., Колбасов Г.Я.**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України.  
03680 Київ-142, пр. Палладіна 32/34, Україна, e-mail: kolbasov@ionc.kiev.ua

Нами вивчені фотоелектрохімічні властивості наноструктурованих плівок CdSe, нанесених на Ti-підкладку із спеціально сформованим шаром нанотрубок TiO<sub>2</sub>, перспективних для використання у фотоелектрохімічній системі з накопиченням водню [1].

Нанотрубки TiO<sub>2</sub> (рис. 1) були отримані методом потенціостатичної анодної поляризації титанової фольги в сірчаноокислому електроліті, який містить іони F<sup>-</sup> [2].

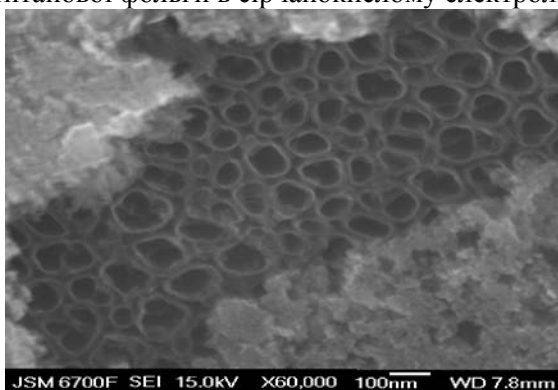


Рис. 1. Електронна мікрофотографія нанотрубок TiO<sub>2</sub>.

Такий спосіб підготовки титанової підкладки забезпечує гарне зчеплення з шаром CdSe при його наступному нанесенні і відпалі. Величина темного катодного струму, виміряна на отриманих фотоелектродах у полісульфідному електроліті, не перевищувала  $5 \cdot 10^{-6}$  А/см<sup>2</sup> - при потенціалах, які відповідають фотопотенціалу у робочій точці фотоелектрохімічного перетворювача.

Структури TiO<sub>2</sub>/CdSe були отримані катодними електроосадженням з водних розчинів електролітів, які містять іони Cd<sup>2+</sup> і H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, а також шляхом розпилення спиртової суспензії здрібнених порошків CdSe, CdCl<sub>2</sub>. Товщина плівки становила  $0,3 \div 3$  мкм.

Для підвищення ефективності фотоперетворення поверхня напівпровідника піддавалася іонній обробці в розчині 0.5M ZnCl<sub>2</sub> і фотохімічній обробці в стандартному розчині для нанесення платинової черні.

Отримано, що модифікування поверхні Pt приводить до збільшення фотопотенціалу електрода в точці максимальної віддачі потужності. У результаті модифікування поверхні CdSe - електрода Pt збільшився фактор заповнення вольтамперної характеристики (ff) електрода з 0.3 до 0.35. Модифікування поверхні CdSe електродів Zn приводило до збільшення струму короткого замикання ( $I_{\text{кз}}$ ) і потенціалу холостого ходу ( $V_{\text{хх}}$ ) у полісульфідному розчині, що ми зв'язуємо з утворенням наночастинок сульфиду цинку на поверхні, що змінює її властивості [1].

Важливим фактором, що впливає на фоточутливість, є інтенсивність процесів рекомбінації носіїв заряду на поверхні напівпровідника. Модифікування поверхні CdSe приводить до зменшення втрат фотогенерованих носіїв заряду на рекомбінацію, що проявлялося в збільшенні характеристичного часу релаксації фотопотенціалу і зростанні його амплітуди.

Модифікування електродів Pt також приводить до збільшення квантового виходу фотоелектрохімічного струму  $\eta_i$  у широкій спектральній області внаслідок зменшення процесів рекомбінації [3]. Досліджувані фотоанооди були випробувані в розробленій нами фотоелектрохімічній комірці з накопиченням водню. Отримана ефективність перетворення енергії сонячного світла в енергію зв'язаного водню  $\delta \approx 4$  %.

1. Колбасов Г.Я., Щербакова Л.Г. *Фундаментальні проблеми водневої енергетики*. / НАН України; за редакцією В.Д. Походенка, В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. – К: Видавництво „КІМ”, 2010. - с. 77-91.
2. K.S. Raja, M. Misra, V.K. Mahajan et al. *Journal of Power Sources* 161 (2006) 1450.
3. Колбасов Г.Я., Городыский А.В. *Процессы фотостимулированного переноса заряда в системе полупроводник – электролит*. – К.: Наук. думка, 1993.

# РОЗВИТОК ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ЗАСАД СТВОРЕННЯ НОВИХ ВИСОКОПОРИСТИХ МЕТАЛ-ОРГАНІЧНИХ КАРКАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ

**Колотілов С.В., Полунін Р.А., Дорофєєва В.М., Кіскін М.О.<sup>(1)</sup>, Єременко І.Л.<sup>(1)</sup>, Новоторцев В.М.<sup>(1)</sup>**

Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України,  
проспект Науки 31, Київ, 03028, svk001@mail.ru

<sup>(1)</sup>Інститут загальної і неорганічної хімії ім. М.С. Курнакова РАН,  
Ленінський проспект 31, Москва, 119991, ilerem@igic.ras.ru

Координаційні полімери 3d-металів розглядаються як перспективні сорбенти паливних газів, зокрема, водню, що обумовлено високою сорбційною здатністю сполук цього класу, широкими можливостями варіювання їх структури, тощо. В роботі досліджено сорбційні характеристики пористих координаційних полімерів на основі триядерного півалату  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6$ , який можна розглядати як "будівельний блок" симетрії  $D_{3h}$  (в даному випадку іони  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{Ni}^{2+}$  можуть розглядатися як ідентичні з погляду кристалографії і реакційної здатності), та місткових лігандів L1–L5 різної топології (Рис. 1). Взаємодія триядерних комплексів  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6$  з лігандами L1–L4 призводила до утворення сполук складу  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6(\text{L})$ , а у випадку L5 було виділено комплекс  $\{\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6\}_8(\text{L5})_{12}$ . Дослідження такого ряду сполук дозволило встановити вплив топології місткових лігандів на сорбційні характеристики означених вище пористих координаційних полімерів.

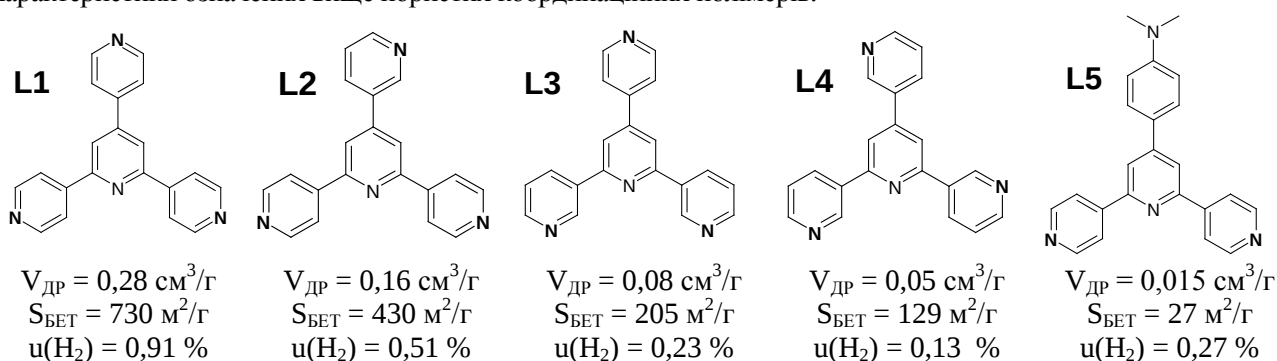


Рис. 1. Формули лігандів в пористих координаційних полімерах  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6(\text{L})$  і їх сорбційні характеристики. Величини сорбційної ємності по  $\text{H}_2$  наведено для  $P = 1 \text{ атм}$ ,  $T = 77 \text{ К}$ .

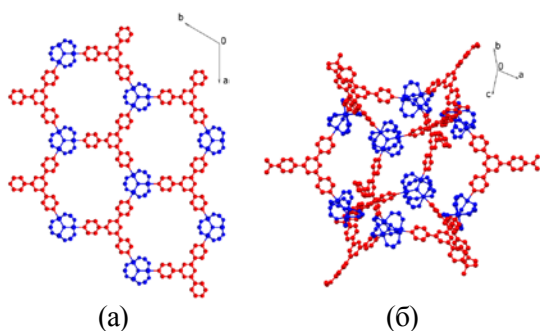


Рис. 2. Фрагменти кристалічних структур  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6(\text{L1})$  (а) і  $\{\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6\}_8(\text{L5})_{12}$  (б)

Методом рентгеноструктурного аналізу показано, що сполука  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6(\text{L1})$  має будову 2D координаційного полімеру (Рис. 2) з порожнинами діаметром 7,8 Å, які з'єднані "вікнами" розміром 3,8 Å. Комплекс  $\{\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6\}_8(\text{L5})_{12}$  є дискретною 24-ядерною молекулою з архітектурою нанокубу. Показано, що в ряду полімерів на основі L1–L4 величини площі поверхні ( $S_{\text{БЕТ}}$ ) і об'єму пор за Дубініним-Радускевичем ( $V_{\text{ДР}}$ ), визначені з ізотерм сорбції  $\text{N}_2$  при 77 К, поступово зменшуються по мірі заміни з 4-піридинових груп на 3-піридинові, а сорбційна ємність сполук  $\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6(\text{L})$  ( $\text{L} = \text{L1} - \text{L4}$ ) по водню (Рис. 1) лінійно корелює з величинами  $S_{\text{БЕТ}}$ . "Аномально" високе значення  $u(\text{H}_2)$  у випадку  $\{\text{Fe}_2\text{NiO}((\text{CH}_3)_3\text{CCO}_2)_6\}_8(\text{L5})_{12}$  може пояснюватися наявністю ультрамікропор з високою енергією адсорбції водню.

Роботу частково підтримано цільовою комплексною програмою фундаментальних досліджень НАН України "Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях" (проект 18 – 11).

# ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ ВОДНЮ В ЕЛЕКТРО- ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ СПЛАВІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ СИНТЕЗ ФОТОАНОДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ КАДМІЮ І ЦИНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ У ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ

**Щербакова Л.Г.<sup>(1)</sup>, Слободянюк І.О., Русецький І.А., Сподарик М.І.<sup>(1)</sup>, Колбасов Г.Я.,  
Солонін Ю.М.<sup>(1)</sup>**

**<sup>(1)</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,  
03142 м. Київ, вул. Кржижановського 3, Україна, e-mail: [larisa\\_c@ukr.net](mailto:larisa_c@ukr.net)  
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України,  
03680 Київ-142, пр. Палладіна 32/34, Україна, e-mail: [kolbasov@ionc.kiev.ua](mailto:kolbasov@ionc.kiev.ua)**

Для акумулювання водню під дією сонячного світла використана модифікована фотоелектрохімічна (ФЕХ) комірка з фторопласту [1], у якій в якості фотоанода використано CdSe електрод, який знаходився в полісульфідному розчині, та катод в розчині 30% КОН.

Напівпровідникові плівки CdSe були отримані катодним електроосадженням (А3) на Ті - підкладку із спеціально сформованим шаром нанотрубок TiO<sub>2</sub> з водних розчинів електролітів, які містять іони Cd<sup>2+</sup> і H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, а також шляхом розпилення (А1, А2) спиртової суспензії здрібнених порошків CdSe та CdCl<sub>2</sub>. Товщина плівки становила 0,3 ÷ 3 мкм. Для підвищення ефективності фотоперетворення поверхня напівпровідника піддавалася модифікуванню Zn і Pt [1].

В якості активної речовини катодів використана суміш воденьсорбуючих сплавів LaNi<sub>4,5</sub>Mn<sub>0,5</sub>+LaNi<sub>4,5</sub>Al<sub>0,5</sub>, які взяті у рівних вагових частинах, з добавками суміші високодисперсної сажі марки PureBlack 205 (питомою площею поверхні ~ 45 м<sup>2</sup>/г) та багатостінних вуглецевих нанотрубок (НТ) діаметром 100-150 нм у співвідношенні (сажа:НТ): К1 - 7%:1% і К2 – 5%:3%.

Результати дослідження роботи ФЕХ комірки з різними парами анод-катод наведені в таблиці.

Таблиця. Дані по проведенню випробувань різних пар фотоанод - катод у ФЕХ комірці

| Позначення електродів |    | Характеристики ФЕХ комірки                     |                |                                        |       |              |        | Поток світла, мВт/см <sup>2</sup> |
|-----------------------|----|------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|-------|--------------|--------|-----------------------------------|
|                       |    | Співвідношення S <sub>ан</sub> /S <sub>к</sub> | Фото-струм, мА | Густина фотоструму, мА/см <sup>2</sup> |       | Потенціал, В |        |                                   |
|                       |    |                                                |                | анод                                   | катод | анод         | катод  |                                   |
| А1                    | K1 | 2.2                                            | 3.58           | 1.10                                   | 2.24  | -0.962       | -0.923 | 80.7                              |
|                       | K2 | 2.2                                            | 2.6            | 0.743                                  | 1.625 | -0.950       | -0.921 | 83.7                              |
| А2                    | K2 | 2.2                                            | 2.37           | 0.68                                   | 1.50  | -0.944       | -0.918 | 76.0                              |
|                       | K1 | 2.2                                            | 2.24           | 0.64                                   | 1.40  | -0.942       | -0.918 | 84.8                              |
|                       | Pt | 1.75                                           | 0.68           | 0.20                                   | 0.34  | -0.984       | -0.978 | 86.0                              |
| А3                    | K2 | 2.2                                            | 2.86           | 0.817                                  | 1.79  | -0.955       | -0.924 | 89.7                              |
|                       | Pt | 1.75                                           | 0.92           | 0.263                                  | 0.575 | -1.01        | -0.998 | 76.0                              |

Показана сумісність обох композитних катодів у парах із усіма дослідженими фотоанодами. Найбільший струм генерується у ФЕХ системі при роботі пари анод А1 - катод К1. Показано, що фотоелектрохімічний процес одержання та акумулювання «сонячного» водню композитними катодами більш ефективний у порівнянні із процесом його виділення на платині.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРОФУЛЛЕРИТІВ $C_{60}H_x$

**Щур Д.В., Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А.,  
Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.**

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України  
03142, г. Київ-142, вул. Крижановського, 3; e-mail: ICHMS [lab67@ipms.kiev.ua](mailto:lab67@ipms.kiev.ua)

Більшість запропонованих раніше методів синтезу гідридів фуллеренів і їх похідних, серед яких, в першу чергу, слід відмітити відновлення фуллеренів воднем, каталітичне гідрування, гідрування сумішей порошків фуллеритів і порошків гідридоутворюючих металів та інтерметалідів, є малопривабливими для зворотнього сорбування водню. Вони не забезпечують високого виходу гідриду фуллерену з необхідними воденьсорбційними властивостями при водночас низькій його вартості і достатній циклічній стійкості.

Результати попередньої науково-дослідної роботи "Експериментальне дослідження воднеємності фуллеренів та їх похідних" цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України "Фундаментальні проблеми водневої енергетики" показали що фуллерит може завдяки фізичній і хімічній сорбції накопичити до 8.2 мас.% водню. Однак цього не достатньо, це тільки перший етап на шляху до використання фуллериту в реверсивному циклі зберігання водню.

Метою проекту є дослідження процесів десорбції водню з гідрофуллеритів з метою використання їх в реверсивному циклі зберігання водню та експериментальне вивчення мобільної воднеємності фуллеренів та їх похідних на основі систем метал-фуллерен та метал-похідні фуллерену з підвищеною реакційною здатністю. На першому етапі в рамках проекту було виготовлено нову прицепну установку, що дозволяє проводити дослідження сорбції – десорбції водню у вуглецевих наноструктурах на високому рівні.



# ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СПЛАВІВ ТИПУ АВ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНЮ.

Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А., Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.

Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України  
03142, г. Київ-142, вул. Кржижановського, 3; e-mail: ICHMS\_lab67@ipms.kiev.ua

Існує два принципово різних підходи до питання дослідження фізичних властивостей сплавів, що упорядковуються. У зв'язку з цим є два напрямки в розвитку теорії металів і сплавів - молекулярно-кінетична теорія (фізико-хімічний підхід) і суто фізична інтерпретація - електронна теорія. Перша з них досліджує властивості сплавів, розглядаючи взаємодію і переміщення атомів у сплавах без урахування поведінки в них електронів. У цій теорії дослідження проводяться за допомогою методів, використовуваних в статистичній фізиці, із застосуванням термодинамічних функцій та певної спрощеної моделі сплаву. Молекулярно-кінетична теорія дозволяє з'ясувати основні характерні риси таких явищ у сплавах, як атомне впорядкування, атомна дифузія, розчинність атомів у сплавах, розпад сплавів, пластична деформація металів, теплоємність сплавів і т. п.

Інший підхід до дослідження фізичних властивостей сплавів вимагає розгляду процесів, що відбуваються на електронному рівні. Основу електронної теорії металів і сплавів становить квантова механіка з її математичним апаратом. Ця теорія дозволяє досліджувати електричні та магнітні властивості сплавів.

В цьому проекті теоретичні розрахунки, авторами проводяться з позицій молекулярно-кінетичної теорії [1-3].

На першому етапі було розглянуто розчинність водню в якості домішки проникнення в сплавах АВ з ГПУ ґратами В81, В19, В31 з урахуванням розподілу атомів домішки в тетра – і октаедричних міжвузлях, а також у сплавах АВЗ з ГЦК структурою L12 при розподілі впроваджених атомів в тетра –, октаедричних і триангулярних межвузловинах.

1. Zaginaichenko S.Yu., Matysina Z.A., Schur D.V. The theory of fullerenes lolymerization in fullerite crystals and constitution diagram for polymerized fullerite. Book of Abstracts of 10th International Conference on Clean Energy, Famagusta, North Cyprus, September 15-17, 2010, P. 236.

2. Zaginaichenko S.Yu., Schur D.V., Matysina Z.A., Divizinuk M.M. Molecular-Kinetic Theory of Phase Transitions in Crystals of Fluorofullerenes.  $C_{60}F_{48} \rightarrow C_{60}F_{36}$  and their Heat Capacity Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems // NATO Science Series. - P. 179-194 (Published by Springer, The Netherlands, 2010).

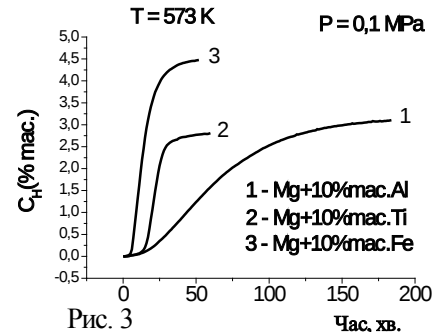
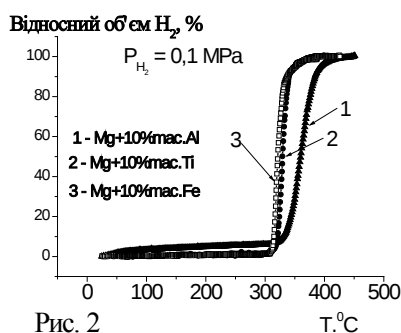
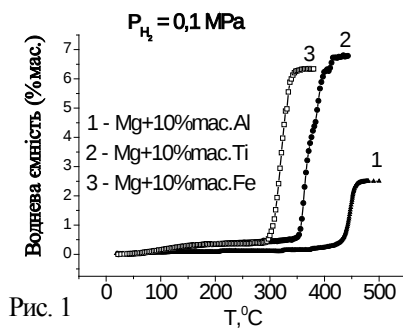
3. Zaginaichenko S.Yu., Schur D.V., Matysina Z.A. The Theory of Phase Transformations and Heat Capacity in Crystals of Fluorofullerenes Carbon Nanomaterials in Clean Energy Hydrogen Systems // NATO Science Series. - P. 315-328 (Published by Springer, The Netherlands, 2010).

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІІ ВОДЕНЬСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА КІНЕТИКИ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРИДНИХ ФАЗ КОМПОЗИТІВ, ОТРИМАНИХ РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШЕЙ $\text{Mg}+10\%\text{мас. Al}$ , $\text{Mg}+10\%\text{мас. Ti}$ , $\text{Mg}+10\%\text{мас. Fe}$

Добровольський В.Д., Єршова О.Г., Солонін Ю.М., Хижун О.Ю.

Інститут проблем матеріалознавства НАН України,  
вул. Кржижанівського 3, Київ, 03142 Україна E-mail: dobersh@ipms.kiev.ua

Повільна кінетика і підвищенні температури (вище  $290^{\circ}\text{C}$ ) сорбції-десорбції водню магнієм та його сплавами гальмує їх практичне застосування. Механічне легування магнію алюмінієм разом з  $\text{Ni}$  та  $\text{Ti}$ , як це показано в [1], суттєво знижує температуру (до  $215^{\circ}\text{C}$ ) і покращує кінетику десорбції водню. З метою встановлення персонального внеску алюмінію у вказане зниження температури та покращення кінетики десорбції водню реактивним помелом суміші  $\text{Mg}+10\%\text{мас. Al}$  отримано механічний сплав-композит  $\text{MC1}$  і досліджено воденьсорбційні властивості, термічну стійкість і кінетику десорбції водню з його гідридної фази  $\text{MgH}_2$ . Для порівняння в тих же умовах реактивного помелу (тиск водню 1,2 МПа, швидкість обертання 450 об./хв., час помелу 10 год.) отримано також механічні сплави  $\text{MC2}$  ( $\text{Mg}+10\%\text{мас. Ti}$ ),  $\text{MC3}$  ( $\text{Mg}+10\%\text{мас. Fe}$ ) і виконано аналогічні дослідження процесу десорбції водню. Проведено рентгенофазовий та мікроструктурний аналіз синтезованих  $\text{MC1}$ ,  $\text{MC2}$ ,  $\text{MC3}$  і отримано методом ТДС при тиску водню в реакторі 0,1 МПа ізобари першої десорбції водню з їх гідридної фази  $\text{MgH}_2$  (всі вказані  $\text{MC}$  мали контакт з повітрям після синтезу). Після отримання кривих першої десорбції водню, представлених на рис.1, зразки  $\text{MC}$  з реактору не виймалися і були прогідровані при температурі  $450^{\circ}\text{C}$  і тиску водню 3,0 МПа. Криві десорбції водню, отримані після вказаного 1-го гідрування представлені на рис.2. Після 2-го та наступних гідрувань отримували кінетичні криві десорбції водню з  $\text{MC}$  при температурі 573К (рис.3), а також 603 і 673К.



З аналізу отриманих кривих десорбції водню видно, що в результаті реактивного помелу суміші  $\text{Mg}+10\%\text{мас. Al}$  на протязі 10 годин вдається досягти водневої ємності 2,5% мас., тобто значно меншої величини, ніж у випадку помелу суміші  $\text{Mg}+10\%\text{мас. Ti}$  (6,76% мас.) або  $\text{Mg}+10\%\text{мас. Fe}$  (6,34% мас.), а час повного виділення водню з  $\text{MC1}$  значно більше ніж з  $\text{MC2}$  чи  $\text{MC3}$ . Інтенсивне виділення водню із зразку  $\text{MC1}$  (після його 1-го гідрування, рис.2) починається при більш високій температурі ( $315^{\circ}\text{C}$ ) ніж у випадку  $\text{MC2}$  ( $305^{\circ}\text{C}$ ) чи  $\text{MC3}$  ( $308^{\circ}\text{C}$ ). Тобто можна зробити висновок, що додавання до магнію тільки алюмінію (без одночасного додавання  $\text{Ti}$  та інших металів як у випадку [1]) не призводить до покращення воденьсорбційних і кінетичних характеристик механічного сплаву і зниження температури початку десорбції водню з його гідридної фази  $\text{MgH}_2$ , як це спостерігали в [1]. Дослідження спостереженого в [1,2] позитивного впливу алюмінію на вищевказані характеристики процесу десорбції водню з  $\text{MC}$ , з'ясування механізму (сінергетичного) такого впливу з метою оптимізації складу та умов синтезу  $\text{MC}$  на основі магнію, що володіє комплексом покращених експлуатаційних характеристик, заплановано на наступний етап роботи за проектом.

1. Spassov T., Rangelova V., Solsona P. et al, J. of Alloys and Compounds 398(2005)139-144.
2. Wang X.L., Tu J.P., Zhang P.L. et al, Int.J. of Hydrogen Energy 32(2007) 3406-3410.

# ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ ВОДНЮ В ЕЛЕКТРО- ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ВОДЕНЬСОРБУЮЧИХ СПЛАВІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ

**Щербакова Л.Г., Сподарик М.І., Кравчук Д.М., Солонін Ю.М.**  
Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України,  
03142, г. Київ-142, вул. Кржижановського3 ,e-mail: larisa\_c@ukr.net

Ключовим питанням досягнення необхідного рівня властивостей Ni-MH акумуляторів є правильний вибір сплаву-сорбенту водню. Проте висока ефективність роботи акумулятора визначатиметься, в значній мірі, і характеристиками нікель-оксидного електроду. Одним з перспективних шляхів підвищення електричної провідності та механічних властивостей електродів, які покращують їх характеристики, є використання сучасних струмопровідних вуглецевих добавок, таких як: наносажі, нанотрубки та їх композиції.

Метою роботи було вивчення впливу кількості і типу струмопровідної вуглецевої компоненти на електрохімічну поведінку і електрохімічну ємність водень сорбуючих катодів та нікель-оксидних (НО) анодів, які застосовуються в якості електродів Ni-MH акумуляторів. Досліджувалась можливість зниження вмісту струмопровідної добавки в НО електроді за рахунок використання композицій – (сажа+нанотрубки).

Як електропровідні добавки при виготовленні електродів були використані високодисперсні сажі марки FS-5, PureBlack 205 (питомою площею поверхні близько 45 м<sup>2</sup>/г), а також багатостінні вуглецеві нанотрубки (НТ) діаметром 100-150 нм (виробник MER Corporation). У дослідженнях використовували порошок сферичного β-гідроксиду нікелю (ГН), (марка 6751, Canada). В якості активної речовини водень сорбуючих катодів використано суміш сплавів (LaNi<sub>4,5</sub>Mn<sub>0,5</sub>+ LaNi<sub>4,5</sub>Al<sub>0,5</sub>), взятих в рівних вагових частинах. При виготовленні електродів в ролі зв'язки використовували водно-спиртову емульсію ПТФЕ марки Ф-4Д в кількості 3 мас.%.

Результати експериментальних досліджень представлено в таблиці.

| Активна речовина                                                                 | Тип та вміст електропровідних добавок |     | Е <sub>плато</sub> заряду, В | Е <sub>плато</sub> розряду, В | Ємність, мА*год/г |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| β-гідроксид нікелю                                                               | 16% мас.%FS-5                         |     | 0,51                         | 0,26                          | 208,71            |
|                                                                                  | 16% мас.% PureBlack 205               |     | 0,56                         | 0,305                         | 188,64            |
|                                                                                  | 5% мас.% нанотрубки                   |     | 0,57                         | 0,38                          | 171,38            |
|                                                                                  | 3% мас.%нанотрубки                    |     | 0,575                        | 0,36                          | 159,50            |
|                                                                                  | 8 мас. % -<br>НТ: PureBlack 205       | 3:5 | 0,53                         | 0,275                         | 211,72            |
|                                                                                  |                                       | 1:7 | 0,59                         | 0,33                          | 85,00             |
| LaNi <sub>4,5</sub> Mn <sub>0,5</sub> +<br>LaNi <sub>4,5</sub> Al <sub>0,5</sub> | 8 мас. % -<br>НТ: PureBlack 205       | 3:5 | -0.99                        | -0.93                         | 320               |
|                                                                                  |                                       | 1:7 | -0.970                       | -0.89                         | 320               |

Введення композиту (3% НТР + 5% PureBlack 205) дозволяє знизити вміст електропровідної добавки в ГН вдвічі, і тим самим настільки ж підвищити вміст активної речовини в електроді. Висунуто припущення, що збереження ємності при зниженні вмісту струмопровідних добавок пов'язано зі створенням 3-х рівневої системи провідності в електроді. На макрорівні – це макроколектор струму з нікелевої сітки зі струмовідводом; на мікрорівні – мікроколектор струму з сітки нанотрубок і на мезорівні – ланцюжки з часток і конгломератів часток наносажі. Така об'ємна система дозволяє знизити загальний опір в електроді з ГН, особливо при розряді, як наслідок, підвищити в ньому швидкість протонного і електронного перенесення.

# РОЗРОБКА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ, ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МЕХАНО-ХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ МАТЕРІАЛІВ

Завалій І.Ю., Денис Р.В., Березовець В.В., Рябов О.Б.

Фізико-механічний інститут НАН України, 79601 Львів, вул. Наукова, 5, [zavaliy@ipm.lviv.ua](mailto:zavaliy@ipm.lviv.ua)

Раніше було показано, що механохімічне легування магнію оксидами 3d-металів веде до значного пришвидшення процесів гідрування-дегідрування [1]. В доповіді буде проведено порівняльний аналіз результатів по синтезу та воденьсорбційних властивостях композитних матеріалів, приготованих високоенергетичним помолотом магнію з різними типами каталітичних додатків – металічним титаном, його оксидом ( $\text{TiO}_2$ , анатаз) та кисеньстабілізованими  $\eta$ -фазами на основі титану (цирконію). На попередніх етапах дослідження останній з названих матеріалів показав хороші властивості сорбції-десорбції водню [2]. Одержані дані свідчать, що всі композити можуть бути запропоновані в якості ефективних воденьакумулюючих матеріалів. Показано також суттєве покращення характеристик циклічної стабільності та зворотної ємності (5-6 ваг.%H) для композитів Mg-IMC-C.

Криві поглинання водню в процесі механохімічного помолу (рис.1) свідчать, що всі три види додатків суттєво покращують процес гідридоутворення і їх каталізуюча дія на наводнення магнію є практично однакова. Рентгенівська дифрактограма композиту Mg- $\text{TiO}_2$  (рис.2.) показує, що наводнення супроводжується утворенням нанокристалічних гідридів  $\alpha$ - та  $\gamma$ - $\text{MgH}_2$ . На жаль з одержаних даних не можна стверджувати чи  $\text{TiO}_2$  частково відновлюється до Ti. Дані одержані на скануючому електронному мікроскопі EVO 40XVP для різних композитів показують, що найдрібніша структура отримана для матеріалу Mg- $\text{Ti}_4\text{Fe}_2\text{O}_{0.25}$  (рис.3).

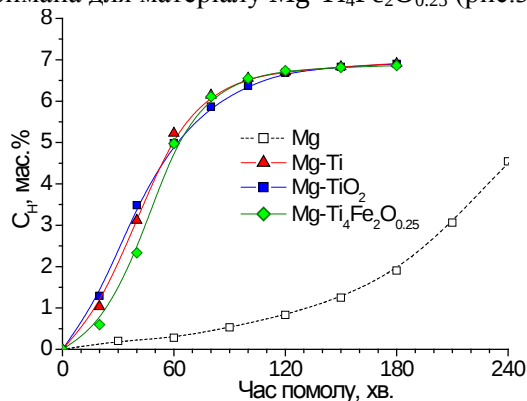


Рис.1. Криві поглинання водню в процесі механохімічного помолу Mg з різними додатками.

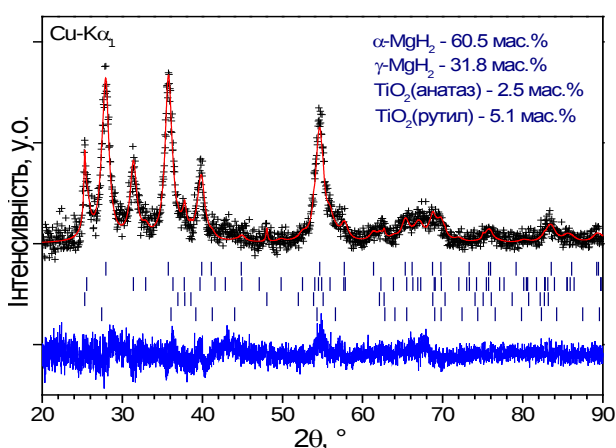


Рис.2. РФА гідридного композиту Mg-10%  $\text{TiO}_2$ .

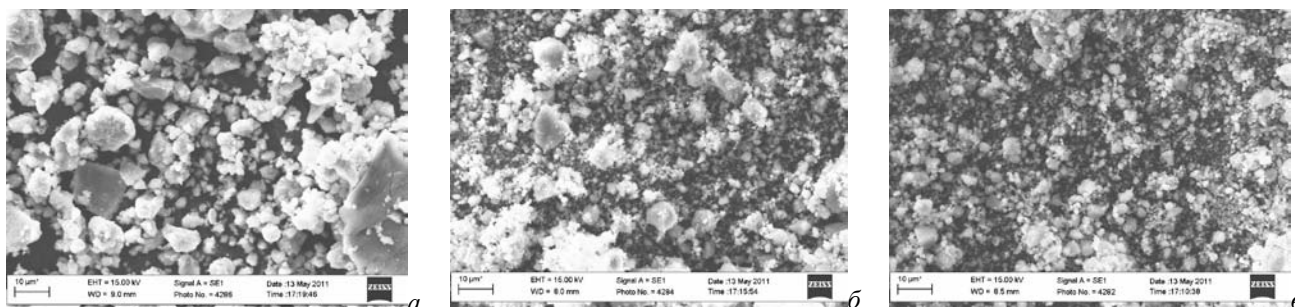


Рис.3. Порівняльні фотографії мікроструктур гідридних композитів Mg(a), Mg- $\text{TiO}_2$  (б) та Mg- $\text{Ti}_4\text{Fe}_2\text{O}_{0.25}$ .

1. Oelerich W., Klassen T., Bormann R. Metal oxides as catalysts for improved hydrogen sorption in nanocrystalline Mg-based materials // J. Alloys and Comp., 315 (2001) 237–242.
2. Р.В.Денис, В.В.Березовець, І.Ю. Завалій. Матеріали – сорбенти водню на основі магнію. В колект.монографії “Фундаментальні проблеми водневої енергетики” за ред. В.Д.Походенка, В.В.Скорохода, Ю.М.Солоніна. Київ, в-во «КІМ», 2010 р., 496 с.

# **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СТРИБКАМИ БАРКГАЗУЗЕНА НАВОДНЕНОГО ФЕРОМАГНЕТИКА І ПАРАМЕТРАМИ ЗОВНІШНЬОГО МАГНЕТНОГО ПОЛЯ**

**Скальський В.Р., Сергієнко О.М., Рудавський Д.В., Окрепкий Ю.С.**

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,  
вул. Наукова, 5, Львів-60, 79060. skal@ipm.lviv.ua

Явище випромінювання пружних хвиль, спричинених ефектом Баркгаузена (ЕБ), тобто магнетоакустична емісія (МАЕ) пов'язана із магнетострикційними деформаціями у феромагнетик, які відбуваються у локальних областях тіла, де спостерігаються раптові зміни положення деменних стінок під впливом зовнішнього магнетного поля та водню. Щоб оцінити компоненти вектора переміщень, а відтак і сигнали МАЕ, спричинені стрибками доменних стінок припускали, що певний об'єм тіла, а саме той, де відбуваються ці стрибки, є джерелом трансформаційних (без прикладання зовнішніх механічних напружень) деформацій, викликаних залежною від концентрації водню величиною магнетострикції. На цій підставі сформульовано розрахункову модель, з якої випливає, що коли напруженість магнетного поля досягає деякої критичної величини, залежної від концентрації водню, відбуватимуться об'ємні стрибки доменних стінок, а амплітудні значення сигналів МАЕ, спричинених цими стрибками, пропорційні до величини трансформаційних деформацій та до швидкості зміни об'єму області перемагнічування.

Сигнали АЕ випромінюють тріщиноподібні дефекти, що поширюються під впливом прикладених до конструкції зусиль. Якщо їх рівень є недостатньо високий, дефекти не будуть розвиватись, а отже не випромінюватимуть АЕ. Тому для їх виявлення потрібно прикласти більші зусилля. У багатьох випадках це є недоцільним або навіть і небезпечним. Для феромагнетних матеріалів локально навантажити елемент конструкції можна зовнішнім магнетним полем, яке створюватиме концентрацію механічних напружень, рівень якої визначатиметься коефіцієнтом інтенсивності напружень (КІН), спричинюючи стрибки Баркгаузена в околі такого дефекту та випромінюючи сигнали МАЕ. На підставі цього запропоновано новий неруйнівний метод магнетної діагностики феромагнетних тонкостінних конструкцій. Розраховано розподіл магнетного поля у феромагнетному півпросторі з тріщиною, що створене магнетним диполем, розміщеним над поверхнею цього півпростору. Побудовано діаграми залежності КІН для дископодібної тріщини від її положення у матеріалі.

На базі енергетичного підходу механіки руйнування сформульовано розрахункову модель зародження втомної мікротріщини біля наводненої вершини концентратора напружень. В основу моделі закладено енергетичний критерій втомного руйнування матеріалів, згідно з яким в об'ємі матеріалу відбудеться таке руйнування, якщо розсіювання енергії пружно-пластичних деформацій в ньому досягне деякого критичного значення. Дію водневого середовища моделювали зміною критичної деформаційної характеристики за лінійним законом зміни концентрації водню в зоні передруйнування. Співставлення отриманих розрахункових результатів із відомими в літературі експериментальними даними показали добру збіжність.

Для побудови моделі випромінювання сигналів АЕ, спричинених локальним по фронту підрустанням макротріщини у феромагнетному наводненому матеріалі, розглядали пружний півпростір, послаблений плоскою макротріщиною нормального відриву, що обмежена гладким контуром. У результаті розвантаження її берегів від вихідного рівня, залежного від концентрації водню, до нуля випромінюються пружні хвилі, які досягають поверхні об'єкта контролю, і можуть бути зареєстровані первинними перетворювачами АЕ.

Методом молекулярних орбіталей розраховували обмінну енергію у кластерах заліза та нікелю за наявності та відсутності у них атомів водню. Розрахунки проводили зокрема для окта- та тетрапор об'ємоцентрованої ґратки. Зміна обмінної енергії в залежності від концентрації водню та типу кластера має неоднозначний характер, що потребує додаткових досліджень.

# ПЕРСПЕКТИВНІ СПЛАВИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ВОДЕНЬ-СОРБЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Ti-Fe-Mn. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ СИНТЕЗУ ГІДРИДІВ.

**Іванченко В.Г., Дехтяренко В.А., Прядко Т.В.**

Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України,  
бульв. Вернадського, 36, Київ-142, 03680, Україна, [ivanch@imp.kiev.ua](mailto:ivanch@imp.kiev.ua)

Система Ti-Fe-Mn має фундаментальне значення для практичного використання. По-перше, Fe і Mn часто використовуються у якості легуючих елементів у індустрії титанових сплавів і використання їх гідридів є досить перспективним для виробництва складнолегованих титанових сплавів за гідридними технологіями. По-друге сплави цієї системи можуть розглядатися як багатообіцяючі кандидати для використання у якості матеріалів у реверсивних системах зберігання водню [1], так само як і у елементах живлення, що будуються на основі протонного обміну [2].

Завдання цієї роботи полягало у дослідженні сорбційних властивостей окремих гетерофазних евтектичних сплавів системи Ti-Fe-Mn у литому стані.

Мікроструктури і фазовий склад литих сплавів було досліджено методами скануючої електронної мікроскопії на мікроскопі " JSM – 6490 LA " та рентгенівського фазового аналізу на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-3М. Поведінку сплаву в атмосфері водню вивчали методом Сівертса на установці ІВГМ-2М [3].

Досліджувалися сплави складу Ti-16%Fe-18%Mn, та Ti-17%Fe-23%Mn, що мали близький хімічний, але принципово відмінний фазовий склад.

Перевірено можливість гідрування сплавів вказаних складів при кімнатній температурі і абсолютному тиску водню 0,6 МПа впродовж 90 год. Вказані витримки не привели до активації поверхні зразків. Поглинання водню було зафіксовано тільки у процесі нагрівання зразків при тому ж тиску водню. Температура початку поглинання для досліджуваних сплавів приблизно однакова і становить  $445 \pm 15^\circ\text{C}$ . Слід зазначити, що процес поглинання водню зазначеними сплавами є двостадійним. На початковому етапі гідрування відбувається з приблизно постійною швидкістю, яка для сплаву Ti-16%Fe-18%Mn становить  $\sim 0,0065 \text{ мас. \% / хв.}$ , а для сплаву Ti-17%Fe-23%Mn  $\sim 0,001 \text{ мас. \% / хв.}$ . При досягненні концентрації водню 0,56 мас.% у сплаві Ti-16%Fe-18%Mn і 0,18 мас.% у сплаві Ti-17%Fe-23%Mn має місце перехід до поглинання зі значно вищими швидкостями, а саме  $0,044 \text{ мас. \% / хв}$  та  $0,158 \text{ мас. \% / хв.}$ , відповідно. Після 100 – хвилинної витримки при температурі  $\sim 500^\circ\text{C}$  кількість сорбованого водню становила 0,82 мас.% і 0,96 мас.%, що відповідає формульним складам  $(\text{Ti}_{0,66}\text{Fe}_{0,16}\text{Mn}_{0,18})\text{H}_{0,41}$  та  $(\text{Ti}_{0,6}\text{Fe}_{0,17}\text{Mn}_{0,23})\text{H}_{0,49}$ .

Під час охолодження до кімнатної температури рівновага між розчином водню у фазових складових і газовою фазою зміщується у бік вищих концентрацій розчиненого водню, за рахунок чого при кінцевих параметрах системи 0,59 МПа та  $16^\circ\text{C}$  мало місце збільшення водневої ємності до 2 мас. % для сплаву Ti-16%Fe-18%Mn і 2,02 мас.% для сплаву Ti-17%Fe-23%Mn, що відповідає формульним складам  $(\text{Ti}_{0,66}\text{Fe}_{0,16}\text{Mn}_{0,18})\text{H}_{1,02}$  і  $(\text{Ti}_{0,6}\text{Fe}_{0,17}\text{Mn}_{0,23})\text{H}_{1,04}$ .

1. Bobet J.L., Chevalier B., Darrie T, B. Crystallographic and Hydrogen Sorption Properties of  $\text{TiMn}_2$  Based Alloys // Intermetallics. – 2000. – 8. – С. 359-363.
2. Taizhong H., Zhu W., Xuebin Y., Jinzhou C., BaoJia X., Tiesheng H., Naixin X. Hydrogen Absorption-Desorption Behavior of Zirconium-Substituting Ti-Mn Based Hydrogen Storage Alloys // Intermetallics. – 2004. – 12. – С. 91-96.
3. Кобзенко Г.Ф., Школа А.А. Реакторное устройство для исследования физико-химических процессов газонасыщения // Завод. Лаб. – 1990. – №7. – с. 41-45.



# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕРОЗЧИННИХ КОМПОНЕНТ НА НАКОПИЧЕННЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ІЗ МАГНІЄВИХ КОМПОЗИТІВ

Неклюдов І.М., Морозов О.М., Куліш В.Г., Журба В.І.,  
Ломіно М.С., Овчаренко В.Д., Купрін О.С.

Національний Науковий Центр “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України  
Академічна вул. 1, 61108, м. Харків, [morozov@kipt.kharkov.ua](mailto:morozov@kipt.kharkov.ua)

Сплави на основі магнію є перспективними з точки зору сучасних вимог до систем металогідродного зберігання водню. Однак їх використання супроводжується труднощами, однією з яких є висока температура десорбції водню зі сплавів, яка перебуває в межах 500-600 К. Пошуком компонент, які можуть суттєво поліпшити водневоакумулюючі властивості магнієвих сполук інтенсивно займаються дослідницькі колективи. Нашу увагу привернули хімічні елементи, що мають низьку розчинність або взагалі не взаємодіють із компонентами створюваних магнієвих сполук. Такі сполуки слід віднести до принципово нового класу матеріалів. Головним завданням проекту є створення магнієвих композитів із різноманітним вмістом компонент, які в звичайних умовах практично нерозчинні у магнії, та вивчення їх водневоакумулюючих властивостей від типу та концентрації добавки.

Метою даного етапу роботи за проектом є відпрацювання технології і виготовлення композит системи Mg-V та вивчення закономірностей накопичення та термоактивованого виділення водню із отриманих зразків у залежності від концентрації компонент. Згідно з діаграмою стану системи Mg-V існування сполук між цими компонентами не виявлено.

Для одержання композитів системи Mg-V із різним змістом магнію та ванадію використовувався метод плазмового розпилення – напилювання, що дозволив поatomно напилюванням компоненти та створювати композити із високою концентрацією нерозчинних елементів.

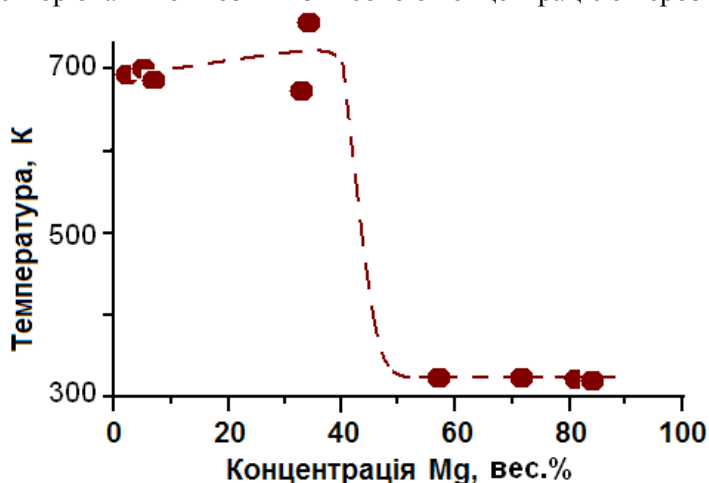


Рис. Залежність температури максимуму термоактивованого виділення дейтерію із композиту Mg - V. Доза дейтерію  $\sim 3 \times 10^{17} \text{ D/cm}^2$ ,  $T_{\text{опр.}} \sim 100 \text{ K}$

Виявлене, що введення домішки ванадію до магнію приводить до значного зниження температури десорбції дейтерію ( $\sim 330 \text{ K}$ ) у порівнянні із виділенням зі зразків магнію. Східчастий вид кривої залежності температури максимуму термоактивованого виділення дейтерію із магній – ванадієвих композитів зі зміною вмісту магнію в цих сполуках свідчить про наявність двох різних структурних станів системи Mg - V залежно від співвідношення компонент.

Отримані дані по десорбції водню на прикладі композитів системи Mg-V свідчать про перспективність пошуку матеріалів накопичувачів водню, у складі яких є хімічні елементи із низькою розчинністю в компонентах сплаву.

Рентгенограми показали відсутність якої-небудь структури в отриманих зразках.

Вивчення температурних діапазонів десорбції дейтерію здійснювалося методом термодесорбційної спектроскопії. Дозоване введення дейтерію здійснювалося імплантацією іонів  $\text{D}^+$  енергією 14 кеВ щільністю струму  $\sim 5 \text{ мкА/см}^2$ . З метою зменшення впливу фонового водню, наявного у зразках та у камері мішеней, в експериментах використовувався ізотоп водню - дейтерій. Зразки кріпилися на фольги-нагрівачі із нержавіючої сталі X18H10T розміром  $5 \times 45 \times 0.3 \text{ мм}^3$ . Вимір температури здійснювався хромель – алюмелевою термомпарою, прикріпленою до нагрівача.



# ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЗАСАДИ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОДНЕСОРБЦІЙНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Бондаренко Б.І., Марчук Ю.В., Праженнік Ю.Г., Ховавко О.І., Святенко О.М.,  
Кожан О.П., Котов В.Г.

Інститут газу НАНУ України, 03113, Київ, вул. Дегтярівська 39. E-mail: ahova2005@ukr.net

Для виробництва лабораторних зразків вуглецевих наноматеріалів та дослідження їх адсорбційної ємності створено комплекс експериментального обладнання, який складається з трьох лабораторних установок.

1) Для одержання вуглецевих наноматеріалів (ВНМ) розроблено та виготовлено лабораторну установку, основними вузлами якої є реактор каталітичної конверсії та піч синтезу ВНМ. В реакторі на нікелевому каталізаторі відбувається конверсія природного газу з повітрям; продукти конверсії після охолодження, відокремлення конденсату  $H_2O$  та осушення на силікагелі надходять у піч синтезу, де утворення ВНМ відбувається на свіжевідновленому залізовому каталізаторі. Одержаний матеріал охолоджується у струмені водню. Вихід матеріалу складає орієнтовно  $10 \text{ г/м}^3$  природного газу. 2) Установка для виробництва термографеніту складається з бункера сировини, живильника та інжектора подачі сировини, камери термообробки печі термовспучування, газоходу, рукавного фільтру та приймального бункера. Порошок графіту хімічно обробляють концентрованими кислотними сумішами; окислений графіт промивають від залишків кислоти, висушують до вмісту вологи 1 - 3%. Наступною операцією є термообробка окисленого графіту: при швидкому нагріванні (термоударі) бісульфат графіту розкладається з утворенням газоподібних сполук, які обумовлюють розширення часточок графіту в 100 – 300 разів. Отриманий термографеніт являє собою матеріал з надзвичайно малою ( $4 - 5 \text{ кг/м}^3$ ) насипною густиною і великою питомою поверхнею 50 – 100  $\text{м}^2/\text{г}$ . Відпрацьовано методики експериментів, одержано зразки наносорбентів. 3) Для дослідження адсорбційних властивостей наноматеріалів розроблено та виготовлено лабораторну установку (Рис. 1), основним вузлом якої є контейнер з сорбентом 4, уміщений у нагрівальну піч 3, рівень нагрівання в якій керується вузлом 6. До установки входять балони з інертним газом ( $N_2$ ) та воднем 1, далі – калібрований об'єм 2. Температура в контейнері вимірюється термопарою, сигнал з якої обробляється автоматичним цифровим перетворювачем 7 і надходить до комп'ютера 9. Склад та концентрації домішок у водні визначаються на хроматографі 8. З реакційного об'єму газ може надходити до системи мірних бюреток 10; У-подібний індикатор тиску служить для контролю тиску у скидній лінії.

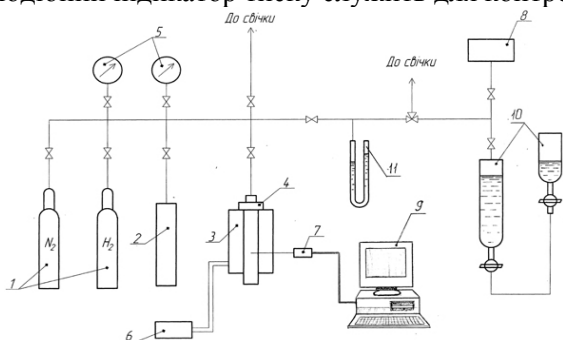


Рис.1. Схема сорбційної установки.

1 – балони 2 – калібрований об'єм; 3 – піч; 4 – контейнер; 5 – манометри; 6 – вузол керування нагрівом; 7 – АЦП; 8 – хроматограф; 9 – комп'ютер; 10 – вузол вимірювання об'єму  $H_2$ ; 11 – індикатор тиску.

Конструкція вузлів та елементів установки дозволяє проводити експерименти з оборотної сорбції в умовах, що наближені до практичного використання: тиску до 10 МПа та температурі до  $\sim 300^\circ\text{C}$ .

# РОЗРОБКА ГІБРИДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОТОНОПРОВІДНИХ МЕМБРАН ПОЛІМЕРЕЛЕКТРОЛІТНИХ ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК

**Шевченко В.В.**

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України  
02160, Київ, Харківське шосе, 48; [valshevchenko@yandex.ru](mailto:valshevchenko@yandex.ru)

Полімер-електролітні паливні комірки (ПК) представляють значний інтерес як автономні джерела електроенергії в пристроях різноманітного призначення. Але на даний час вони не вийшли на широке промислове впровадження внаслідок високої вартості генерованої ними електроенергії (\$1833/ кВт при необхідних для масового застосування \$40/кВт). Це пов'язано насамперед з високою вартістю як самої протонопровідної мембрани (ПОМ) типу "Nafion", що є найбільш вживаною в ПК, так і використанням як каталізаторів електрохімічних процесів Pt та її сплавів. Основний шлях вирішення даної проблеми - створення ПК, здатних функціонувати при 100-200°C. Це висуває відповідні вимоги до ПОМ в плані забезпечення протонної провідності в маловологих або безводних умовах.

Одним з перспективних шляхів конструювання ПОМ з необхідними характеристиками є створення наноструктурованих гібридних органо-неорганічних ПОМ золь-гель методом. В рамках даного напрямку нами запропоновані підходи до розробки способів синтезу органо-неорганічних ПОМ, здатних до протонного переносу при температурі вище 100°C. Вони базуються на створенні нових типів протонодонорів та плівкотвірних систем з формуванням при їх поєднанні з застосуванням золь-гель методу протонопровідної фази в ПОМ з однойонним механізмом провідності. В якості такої нами використовуються аліфатичні олігоетери - олігоетиленоксиди та його функціоналізовані похідні. При цьому дані сполуки можуть входити до складу як плівкотвірних прекурсорів, здатних до золь-гель перетворень, так і протонодонорної функції. Враховуючи необхідність формування в ПОМ неперервних протонопровідних каналів як плівкотвірні прекурсори були використані сегментовані олігоетеруретани, здатні до такого виду самоорганізації як утворення доменної структури. Це також було використано і при синтезі запропонованих сульфокислотних протонодонорів.

Розроблено метод синтезу декількох типів сульфокислотних протонодонорів, відмінною рисою яких є молекулярна маса (мономерні і олігомерні), молекулярна архітектура, тип реакційної здатності, характер приєднання до полімерної матриці та взаємодії з нею. Розроблено методи синтезу нового типу плівкотвірних прекурсорів -  $\alpha,\omega$ -діалкоксисилільних похідних олігоетеруретансечовин, які здатні формувати протонопровідну олігоетерну фазу різної структури в процесі золь-гель синтезу ПОМ.

На основі синтезованих прекурсорів та протонодонорів отримано ПОМ з ковалентно приєднаними протонодонорними фрагментами до неорганічної складової, ПОМ, що містять в своєму складі протонодонори у вигляді допантів, а також їх комбінацію. Показано, що основною передумовою забезпечення високого рівня протонної провідності мембран є суміщення протонодонорних груп з протонопровідним середовищем. При цьому температурні залежності провідностей мембран описуються рівнянням Вогеля-Таммана-Фальчера, що свідчить про реалізацію механізму протонної провідності, зв'язаного з сегментальною рухливістю олігоетерних ланцюгів.

Синтезовані ПОМ характеризуються значеннями статичної обмінної ємності 0,31-1,65 мг-екв/г, термостабільністю 220-325°C та рівнем провідності  $10^{-4}$  См/см при температурах 100-120°C в безводних умовах. Зволоження мембран викликає підвищення рівня провідності на 2-3 порядки. За результатами дослідження прототип ПК з синтезованою мембраною характеризується напругою розімкнутого ланцюга 0,86 В. ПОМ Nafion®117 в даних умовах характеризується напругою розімкнутого ланцюга 0,97 В.

# ВПЛИВ УМОВ КАРБОНІЗАЦІЇ САХАРОЗИ І АКТИВАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ СТРУКТУРНО-СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПОГЛИНАННЯ ВОДНЮ

**Щербань Н.Д., Яремов П.С., Ільїн В.Г.**

Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

03028, Київ, проспект Науки 31, natalka112@bigmir.net

Одним з ефективних способів акумулювання водню є фізична зворотна адсорбція пористими матеріалами, зокрема, вуглецевими (ВМ), з розвинутими пористістю ( $D_{пор}$  0,3 – 3,0 нм) і поверхнею. Перспективним способом одержання таких ВМ може бути матрична і об'ємна карбонізація деяких органічних сполук, зокрема сахарози, в присутності активуючих агентів.

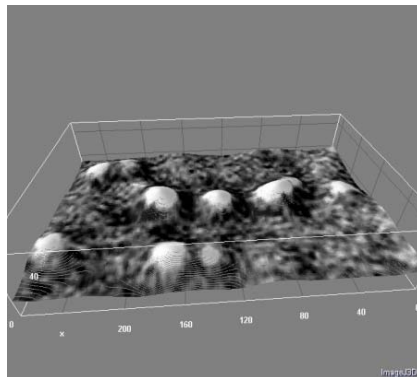
Аналіз одержаних результатів (Sorptomatic 1990,  $N_2$  і  $H_2$ , 77 К,  $\leq 800$  тор) свідчить, що адсорбційна здатність продуктів об'ємної карбонізації сахарози по відношенню до водню зростає з підвищенням температури карбонізації ( $T_{carb}$ ) від 0,42 ваг.% (400 °С) до 1,11 ваг.% (700 °С) і 1,47 – 1,48 ваг.% (800 – 900 °С), відповідно зростанню об'єму мікропор ( $V_{mi}$  – від 0,15 до 0,26 см<sup>3</sup>/г) і питомої поверхні ( $S_{BET}$  – від 440 до 760 м<sup>2</sup>/г). Щільність заповнення  $V_{mi}$  воднем (50 – 60 мг/см<sup>3</sup>) вища за таку в цеолітах, при цьому потенціал адсорбції зростає з підвищенням  $T_{carb}$  від 4,2 до 5,4 кДж/моль. Встановлено, що термопарова активація при 800 і 850 °С призводить до підвищення  $V_{mi}$  (0,53 см<sup>3</sup>/г),  $S_{BET}$  (2290 м<sup>2</sup>/г) і адсорбції водню – до 1,88 і 1,99 % ваг. відповідно. Виявлено суттєвий вплив використання активуючих агентів на пористу структуру ВМ. В присутності фосфорної кислоти ( $H_3PO_4$ /сах-за = 0,6 – 1,2, 400 і 800 °С) утворюються ВМ із збільшеним  $D_{пор}$  (1 – 3 нм),  $V_{mi}$  (0,28 – 0,41 см<sup>3</sup>/г) і  $V_{суперми}$  (0,11 – 0,19 см<sup>3</sup>/г), адсорбція водню – в межах 0,96 – 1,34 % ваг. в залежності від  $T_{carb}$  і вмісту  $H_3PO_4$ . В присутності хлориду цинку ( $ZnCl_2$ /сах-за = 3 – 7, 700 °С) утворюються переважно мезопористі ВМ ( $D_{ме}$  = 5,4 – 5,9 нм,  $V_{ме}$  = 1,23 – 1,54 см<sup>3</sup>/г,  $S_{мезо}$  = 1020 – 1490 м<sup>2</sup>/г), адсорбція  $H_2$  (1,22 – 1,25 % ваг.) переважно проходить на поверхні мезопор. Отже, активована об'ємна карбонізація сахарози, доповнена термопаровою обробкою, дозволяє одержати досить ємні вуглецеві адсорбенти і наблизитися, за умов оптимізації застосованих прийомів, до одержання практично та економічно прийнятних поглиначів і акумуляторів водню при підвищеному (~20 атм) тиску.

# ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДИК СИНТЕЗУ НАНОРОЗМІРНОГО ДІОКСИДУ ТИТАНУ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР З РІЗНОЮ МОРФОЛОГІЄЮ ПОВЕРХНІ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЇХ ОДЕРЖАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЇХ ТЕКСТУРИ ТА СОРБЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ВОДНЮ

**Тельбіз Г.М., Кишеня Я.В., Єрмохіна Н.І., Манорик П.А.**  
Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України  
03028, Київ, проспект Науки 31, [gtelbiz@yahoo.com](mailto:gtelbiz@yahoo.com)

Дослідження останніх років в напрямку одержання високоефективних матеріалів для одержання і запасання водню, зокрема розробки паливних елементів демонструють тенденцію до підвищення надійності і зниження витрат, мінітюаризації пристроїв завдяки застосуванню наноматеріалів. Так, створення нанокомпозитних мембран, у яких нанорозмірні неорганічні добавки на основі діоксиду титану дисперговані в полімерній матриці, дозволить значно поліпшити як фізичну стабільність так і ефективність паливних комірок за рахунок зменшення кросоверу палива та посилення протонної провідності мембран паливних комірок.

На першому етапі роботи нами були оптимізовані методики золь-гель синтезу різних морфологічних форм мезопористого  $\text{TiO}_2$  (полікристали, плівки, нанотрубки) з метою одержання титаноксидних матеріалів з низькою дисперсією по розмірам, гарною адгезією до субстратів, змінною пористістю, регульованою шорсткістю поверхні інше, які можуть бути використані для наповнення. Шляхом варіювання умов синтезу й методик встановлені оптимальні протоколи синтезу таких матеріалів з використанням різного типу прекурсорів титану, використанням в якості темплатів координаційних сполук з різними циклічними лігандами та поверхнево-активними речовинами та їх суміші.



СЕМ зображення фрагменту поверхні композиту  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$

Розроблені і оптимізовані методики одержання і контролю зростання наночасток благородних та перехідних металів ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$  або їх сплавів). різної форми та синтезу з їх участю композитних матеріалів різної морфології з регульованими фізико-хімічними властивостями, досліджений вплив умов їх одержання на параметри їх текстури. Показано, що одержані матеріали містять інкорпоровані в структурі мезопор наноструктури відповідних металів. Одержані матеріали охарактеризовані методами ПЕМ, СЕМ, оптичної та коливальної спектроскопії, рентгенівської дифракції, каталітичними тестами тощо.

# ЕЛЕКТРОЛІТНІ ТА ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ (600°C) ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ НА ОСНОВІ ОКСИДУ ЦИРКОНІЮ, СТАБІЛІЗОВАНОГО КОМПЛЕКСНИМИ СКАНДІЄВМІСНИМИ ДОБАВКАМИ

**Білоус А.Г., В'юнов О.І., Коваленко Л.Л., Янчевський О.З., Іваницький В.П.<sup>(1)</sup>**

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України  
03680, Київ-142, пр. Палладіна 32/34, belous@ionc.kiev.ua

<sup>(1)</sup> Інститут мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененко НАН України,  
03680, Київ-142, пр. Палладіна 34

Скандієвмісні тверді розчини на основі диоксиду цирконію завдяки високій провідності можуть використовуватися як електродні матеріали для паливних комірок зі зниженими робочими температурами, порівняно з ітрієвими. Проте, крім високої вартості скандію, не вирішеною є проблема стабілізації цих об'єктів. Часткова заміна скандію залізом з утворенням твердих розчинів  $(\text{ZrO}_2)_{1-x}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_x(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  може одночасно знизити собівартість виготовлення електродних матеріалів та підвищити їх стабільність. Крім того, науковий інтерес викликає з'ясування механізму стабілізації кубічної високопровідної фази диоксиду цирконію (с-ZrO<sub>2</sub>) при низьких температурах.

Тверді розчини  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.10-y}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  отримували шляхом послідовного осадження з розчинів, який дозволяє одержати слабоагломеровані частки. Методом рентгенофазового аналізу встановлено межі стабілізації кубічної фази твердих розчинів  $(\text{ZrO}_2)_{1-x}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_x(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$ . Часткова заміна скандію залізом ( $y = 0.02 - 0.04$ ) забезпечує повну стабілізацію кубічної фази після термообробки при  $T \geq 1810$  К, яка зберігається при низьких температурах. Для подальшого з'ясування механізму стабілізації с-ZrO<sub>2</sub> були проведені дослідження Мёсбауеровських спектрів (МС) зразку  $y = 0.04$ , синтезованого при різних температурах, що забезпечують неповну та повну стабілізацію с-ZrO<sub>2</sub>. Порівняльний аналіз МС виявив п'ять різноінтенсивних дублетів, які зв'язані з резонансним поглинанням  $\gamma$ -квантів на ядрах високоспінових октаедрично-координованих іонів Fe<sup>3+</sup>. Це дало нам підстави записати твердий розчин в досліджуваній системі у вигляді  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.10-2y}(\text{ScFeO}_3)_{2y}$  і зв'язати чотири дублети в МС однофазного с-ZrO<sub>2</sub> з двома нееквівалентними кристалографічними позиціями іонів Fe<sup>3+</sup>. При цьому, кожен з катіонів Fe<sup>3+</sup> може мати по два нееквівалентних оточення у найближчій катіонній сфері. Додатковий (п'ятий) дублет, найвірогідніше, пов'язаний із резонансним поглинанням Fe<sup>3+</sup> у структурі моноклінної фази m-ZrO<sub>2</sub>. Кристалічна структура ScFeO<sub>3</sub> може бути представлена як похідна від флюоритоподібної (CaF<sub>2</sub>), де координація Ca<sup>2+</sup> знижується від 8 до 6 для катіонів Sc<sup>3+</sup> та Fe<sup>3+</sup>, а дві незайняті позиції O<sup>2-</sup> спричиняють лише слабку деформацію кубічної структури, що не відображається на макроструктурі високотемпературного с-ZrO<sub>2</sub>.

Роль заліза виявляється у зв'язуванні іонів скандію й утворенні найближчого октаедричного кисневого оточення. Це підвищує ефективність Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> як стабілізатора у присутності Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 1,5-2 рази. Утворення ScFeO<sub>3</sub> перешкоджає сегрегації Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до границі зерен та деградації високотемпературної фази с-ZrO<sub>2</sub>. Одержані результати розширюють уяву про механізм стабілізації високопровідної фази с-ZrO<sub>2</sub> як одного з основних елементів для паливних комірок зі зниженими робочими температурами. Іонна провідність отриманих твердих розчинів  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.10-y}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  суттєво (в 5 разів) вища за провідність аналогічних  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0.10-y}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  (див. рис.).

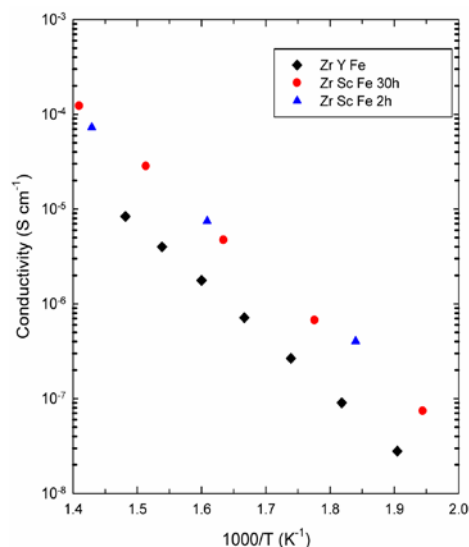


Рис. Порівняльна іонна провідність після термообробки при 1650-1670 К зразків  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Y}_2\text{O}_3)_{0.10-y}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  (чорний ромб),  $(\text{ZrO}_2)_{0.90}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.10-y}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_y$  протягом 30 год. (червоний круг) і 2 год. (синій трикутник).

## **ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Скороход В.В., Морозов І. А., Морозова Р. О., Кондрашов О. В., Дубовик Т. В.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України,  
03680, Україна, м. Київ, вул. Кржижановського, 3; E-mail: imorozov@i.ua

Якість керамічних виробів конструкційного та інструментального призначення залежить від попередньої підготовки порошків матеріалу. Для активації порошків тугоплавких сполук використовують різні механічні методи. Однак отримання високощільних виробів з керамічних порошків надзвичайно ускладнене через низькі коефіцієнти самодифузії і дисоціації, а також присутності на їх поверхні домішкових елементів (кисень, азот, вуглець, метали). Особливо це відноситься до ультрадисперсних порошків.

Воднева обробка матеріалів, як нова галузь науки і технології матеріалів, дозволяє реалізувати завдання існуючих та створення нових технологій поліпшення структури і властивостей вже отриманих матеріалів.

У даній роботі проведено дослідження впливу водню на підвищення чистоти порошків нітриду алюмінію, нітриду кремнію і карбіду вольфраму і процесів спікання виробів на їх основі.

Встановлено, що воднево-термічна обробка (ВТО) забезпечила значне підвищення чистоти всіх вищеперелічених порошків, в тому числі ультрадисперсного порошку карбіду вольфраму. ВТО також призводить до поліпшення спікання порошків і підвищення фізико-механічних властивостей виробів.

# ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕАКЦІЙ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ З ВОДНЕМ І РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОБАРИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕАКЦІЇ ДЕСТРУКТИВНОГО ГІДРУВАННЯ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ

**Братаніч Т.І., Кучерявий О.В.**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,  
Кржижанівського, 3, Київ, 03142, Україна, e-mail: tibrat@ipms.kiev.ua

На сучасному етапі розвитку науки і техніки актуальними є водневі технології обробки функціональних інтерметалідів з метою одержання нових корисних властивостей. Взаємодія функціональних інтерметалідів з воднем відбувається двома шляхами: за реакцією прямого гідрування з утворенням гідриду інтерметаліду або за реакцією деструктивного гідрування, яка полягає у хімічній деструкції інтерметаліду та утворенні нових структур: гідриду металу і негідридотвірної фази. Реакція прямого гідрування інтерметалідів у широкому діапазоні воднеємності конкурує з реакцією розкладання утворених гідридних фаз, причому пріоритет часто визначається кінетикою протікання реакцій. Деструктивне гідрування інтерметалідів і послідовність реакцій утворення і розкладання гідридів інтерметалідів мають однаковий фазовий склад кінцевих продуктів, що складаються з гідридів металів і негідридотвірних фаз. Проте термодинамічні умови та механізми реалізації цих реакцій суттєво відрізняються. Саме ці відмінності і обумовлюють можливість керованого синтезу композитів на основі гідридів металів у дисперсному або монолітному стані.

Метою першого етапу роботи було провести термодинамічний аналіз реакцій взаємодії інтерметалідів з воднем і розробити принципи розмежування реакцій деструктивного гідрування інтерметалідів, а також утворення і розкладання гідридів інтерметалідів.

Термодинамічним аналізом встановлено, що області реалізації реакцій прямого та деструктивного гідрування відрізняються за тиском водню і температурою, а межа поділу між ними визначається граничним складом гідриду інтерметаліду  $A_xB_yH_{n_{\text{гран}}}$ , для якого

$$n_{\text{гран.}} = [(\Delta H_{\text{гран.}} - T \cdot S_{\text{гран.}}) - (\Delta H_{\text{MeHk}} - T \cdot S_{\text{MeHk}}) - \kappa \cdot (\Delta H_{\text{H}} - T S_{\text{H}})] / (\Delta H_{\text{H}} - T S_{\text{H}}). \quad (1)$$

Можливе управління межею між областями прямого і деструктивного гідрування шляхом легування інтерметалідів елементами, що впливають на термодинамічні характеристики гідридної системи.

Доведено, що реакції утворення та розкладання гідридів інтерметалідів  $\text{LaNi}_5\text{H}_6$ ,  $\text{TiFeH}_2$ ,  $\text{Ti}_2\text{NiH}$ ,  $\text{TiNiH}_2$ ,  $\text{Ti}_2\text{CuH}_{2.7}$ ,  $\text{TiCuH}$ ,  $\text{Ti}_3\text{AlH}_3$ ,  $\text{Mg}_2\text{NiH}_4$ ,  $\text{Mg}_2\text{CuH}_3$ ,  $\text{ZrMn}_{2.8}\text{H}_4$  до гідридів металів та негідридотвірних фаз термодинамічно дозволені за температур 298 - 1273 K і можуть бути реалізовані в одних і тих же термобаричних умовах. Межа поділу між ними визначається граничним складом гідриду  $A_xB_yH_{n_{\text{гран}}}$ , для якого  $n_{\text{гран}}$  можна розрахувати за формулою:

$$n_{\text{гран}} = [2 \cdot (\Delta H_{\text{гран.}} - T \cdot S_{\text{гран.}}) - (\Delta H_{\text{IMC}} - T \cdot S_{\text{IMC}}) - x \cdot (\Delta H_{\text{AHk}} - T \cdot S_{\text{AHk}}) + y \cdot T \cdot S_{\text{B}}] / (\Delta H_{\text{H}} - T \cdot S_{\text{H}}) \quad (2)$$

за умови  $n = x \cdot k$ ,  $k \leq k_{\text{max}}$ , або за формулою:

$$n_{\text{гран}} = [2 \cdot (\Delta H_{\text{гран.}} - T \cdot S_{\text{гран.}}) - (\Delta H_{\text{IMC}} - T \cdot S_{\text{IMC}}) - x \cdot (\Delta H_{\text{AHkmax}} - T \cdot S_{\text{AHkmax}}) + y \cdot T \cdot S_{\text{B}} - x \cdot k_{\text{max}} / 2 \cdot T \cdot S_{\text{H}_2}] / [\Delta H_{\text{H}} - T \cdot (S_{\text{H}} - S_{\text{H}_2} / 2)] \quad (3)$$

за умови  $n > x \cdot k$ ,  $k = k_{\text{max}}$ .

Для запобігання розкладання гідридів інтерметалідів-аккумуляторів водню слід рекомендувати покращення кінетики гідрування інтерметалідів шляхом механічної або каталітичної активації процесу дисоціації водню на поверхні інтерметаліду та прискорення теплопередачі у гідридному шарі за рахунок використання неруйнівних металоматричних композитів на основі інтерметалідів.



## ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКІВ СУЛЬФІДУ ХРОМУ $\text{Cr}_x\text{S}_y$ ТА ПОРУВАТИХ ЗРАЗКІВ З НЬОГО

**Васильєв О.Д., Ушкалов Л.М., Слись І.Г., Бродніковський Є.М., Бродніковський Д.М.,  
Самелюк А.В., Головкова М.Є., Брахнов М.В., Осташ О.П.<sup>(1)</sup>, Василів Б.Д.<sup>(1)</sup>,  
Подгурська В.Я.<sup>(1)</sup>**

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,  
вул. Кржижанівського, 3, м. Київ, 03142, [vasilev@ipms.kiev.ua](mailto:vasilev@ipms.kiev.ua)

<sup>(1)</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України,  
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060, [ostash@ipm.lviv.ua](mailto:ostash@ipm.lviv.ua)

В ході виконання першого етапу проекту авторами проекту було розроблено простий і продуктивний метод одержання зразків сульфідів хрому, використовуючи в якості вихідних матеріалів порошки хрому та сірки. Проведено дослідження його механічних та фізико-хімічних властивостей. Встановлено, що сульфід хрому по хімічному складу містить 62,9 мас.% хрому та 35,9 мас.% сірки. Дослідження методом скануючої електронної мікроскопії морфології структури частинок сульфідів хрому показали (рис.1), що він представляє собою пористі конгломерати, які мають неправильну форму і губчасту структуру поверхні. За допомогою методу ртутної порометрії було встановлено, що частинки займають 28,9 % об'єму в конгломераті, питома поверхня порошку сульфідів хрому складає 3,16 м<sup>2</sup>/г. Проте значення поруватості показують (табл.), що вона перебуває на межі відкритої і потребує подальшого збільшення, щоб забезпечувати ефективне проходження газоподібних продуктів. Проведено дослідження механічної поведінки зразків сульфідів хрому (табл.). Міцність вихідного зразка за двовісного згину досягає значення біля 100 МПа, що є достатнім для використання в якості носія компонентів паливної комірки. Після витримки у середовищі водню при 600 °С зразки демонструють деяке зменшення міцності в середньому на 18 %. Вивчення електричних властивостей зразків сульфідів хрому за нормальних умов показало, що витримка у водні не впливає на зміну електричного опору. Методом спектроскопії енергетичної дисперсії було вивчено розподіл сірки та хрому в об'ємі зразка сульфідів хрому.

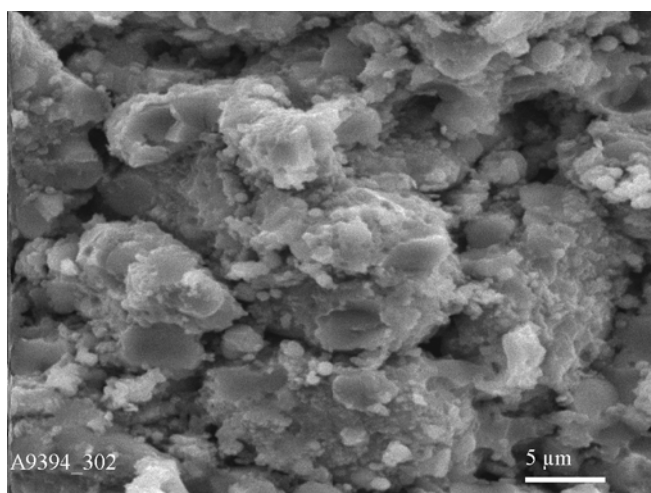


Рис. 1 – СЕМ вигляд поверхні зламу зразка сульфідів хрому.

Після витримки у середовищі водню при 600 °С зразки демонструють деяке зменшення міцності в середньому на 18 %. Вивчення електричних властивостей зразків сульфідів хрому за нормальних умов показало, що витримка у водні не впливає на зміну електричного опору. Методом спектроскопії енергетичної дисперсії було вивчено розподіл сірки та хрому в об'ємі зразка сульфідів хрому.

Таблиця

Фізико-механічні властивості зразків сульфідів хрому

| №<br>п/п | Міцність за двовісного згину,<br>МПа | Поруватість, % | Питомий електричний опір $\times 10^7$ , Ом·м |               |
|----------|--------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|---------------|
|          |                                      |                | До обробки                                    | Після обробки |
| 1*       | 96,7                                 | 18             | 1,4                                           | –             |
| 2**      | 101,5                                | 21             | 2,2                                           | 2,3           |
| 3**      | 51,9                                 | 19             | 2,3                                           | 2,4           |
| 4**      | 88,7                                 | 19             | 2,1                                           | 2,0           |
| 5**      | 74,0                                 | 19             | 2,5                                           | 2,6           |

\*Вихідний зразок

\*\*Нагрів у вакуумі, витримання 4 год при 600 °С у водні, охолодження в аргоні

# МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДИК ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАВОДНЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ У КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЯХ. РОЗРОБКА МЕТОДИК ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ НАВОДНЮВАННЯ БІЛЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ НАПРУЖЕНЬ

Дмитрах І.М., Сиротюк А.М., Білий О.Л.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,  
вул. Наукова, 5, Львів, 79601, Україна; dmtr@ipm.lviv.ua

Здійснено модифікацію методик для досліджень особливостей наводнювання матеріалів та визначення об'ємної концентрації водню у конструкційних сталях на підставі розробленого комплексу устаткування (рис. 1.а), який базується на динамічній електрохімічній лабораторії VoltaLab40 виробництва Radiometer Analytical SAS (Франція). Запропоновано та апробовано спеціальні зразки для досліджень локалізованого наводнювання металу в умовах прикладення механічних напружень  $\sigma$  (рис. 1.б). Дослідження проведені за умов електролітичного наводнювання сталей у спеціальному обезкисненому, близькому до нейтрального, водному розчині NS4.

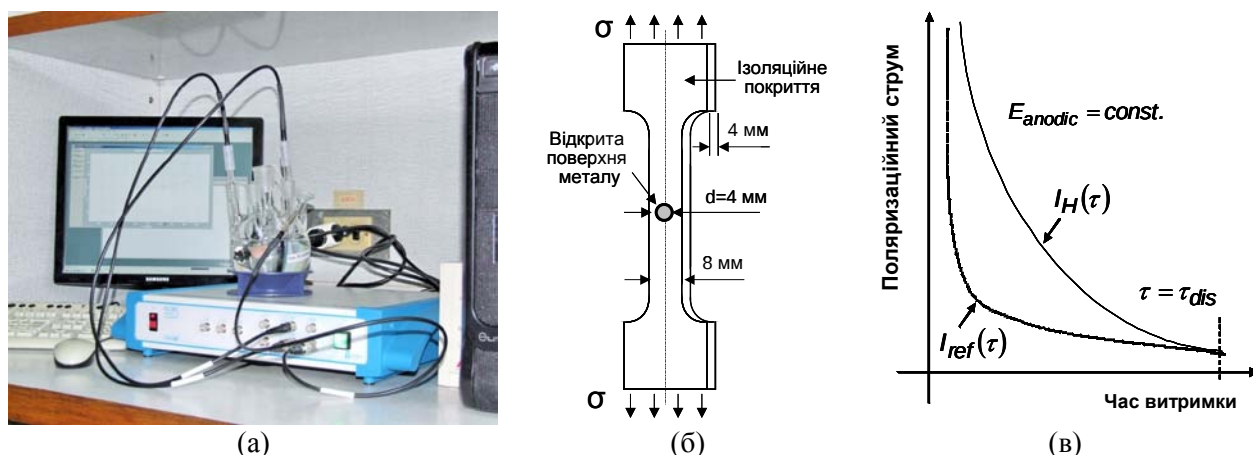


Рисунок 1 – Загальний вигляд установки (а) та зразки (б) для електрохімічних досліджень наводнювання сталей, а також схема визначення загальної кількості абсорбованого металом водню.

Концентрація водню в металі визначалась за методом, що ґрунтується на впливі водню на реакцію окислення сталі в умовах анодної поляризації. Процес окислення наводненого металу був проведений в 0,2 М розчині  $\text{NaOH}$  ( $\text{pH} = 12,4$ ) при анодній поляризації  $E_{\text{anodic}} = +168 \text{ мВ (SCE)}$  впродовж визначеного проміжку часу  $\tau_{\text{dis}}$  (див. рис. 1.в). Загальна кількість абсорбованого металом водню визначалась як:

$$Q_H^{\text{abs}} = \int_0^{\tau_{\text{dis}}} [I_H(\tau) - I_{\text{ref}}(\tau)] d\tau \quad \text{при } E_{\text{anodic}} = \text{const}.$$

Тут  $I_H(\tau)$  – функція анодного поляризаційного струму наводненого зразка;  $I_{\text{ref}}(\tau)$  – функція анодного поляризаційного струму ненаводненого зразка. Концентрація водню в металі розраховувалась за формулою:

$$C_H = \frac{Q_H^{\text{abs}}}{zFv},$$

де  $z = 1$  – кількість електронів, які беруть участь у електрохімічній реакції;  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$  – стала Фарадея;  $v$  – ефективний об'єм наводненого металу  $[\text{см}^3]$ . У цьому випадку концентрація водню  $C_H$  буде мати розмірність  $[\text{моль/см}^3]$ .

# ДОСЛІДЖУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗМІРІВ КРИСТАЛІТІВ, ПАРАМЕТРА ТЕКСТУРИ ТА МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКІВ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СПОЛУКИ $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ВІД ПАРАМЕТРІВ ВОДНЕВОГО ОБРОБЛЕННЯ

**Булик І.І., Тростянчин А.М., Лютий П.Я., Бурховецький В.В.<sup>(1)</sup>**

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,  
вул. Наукова, 5, м. Львів, Україна, 79601, [bulyk@ipm.lviv.ua](mailto:bulyk@ipm.lviv.ua)

<sup>(1)</sup>Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України,  
вул. Р. Люксембург, 72, м. Донецьк, Україна, 83114, [val-bur@ukr.net](mailto:val-bur@ukr.net)

Сталі магніти ввійшли у багато галузей сучасного життя, це – енергетика, електротехніка, авто- і машинобудування, комп'ютерна техніка, магнітний запис, телекомунікаційні технології, авіація, навігація, космос, автоматизація, медицина, сенсори, прецизійні механічні пристрої і прилади побутового застосування [1]. Одним із способів поліпшення властивостей магнітів є модифікування їх мікроструктури, зокрема, шляхом термічного оброблення у водні. Водневі технології, а саме процес ГДДР (гідрування, диспропорціонування, десорбування, рекомбінування), ґрунтуються на ініційованих воднем фазових перетвореннях в металах і сплавах, які містять гідридотвірні елементи, наприклад, рідкісноземельні метали. Такий спосіб оброблення позитивно впливає на властивості анізотропних сталей магнітів із субмікронною мікроструктурою на основі системи неодим-залізо-бор [2].

У роботі подано результати досліджень застосування ГДДР під низьким тиском водню для оброблення мелених у планетарному млині у водні порошків сплавів системи неодим-залізо-бор з метою отримання анізотропних дрібнозеренних двофазних порошків з магнітомяккою – Fe – та магнітотвердою –  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  – фазами.

Методами електронної металографії, диференціального термічного (ДТА); рентгенівського фазового (РФА), елементного аналізування та знімання петлі магнітного гістерезису досліджено вплив водневого оброблення шляхом помелу у водні та ГДДР на фазовий склад, мікроструктуру та магнітні властивості феромагнітних сплавів  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  та  $\text{Nd}_{16}\text{Fe}_{76}\text{B}_8$ . Текстуру порошків сплавів перевіряли зйомкою рентгенівських дифрактограм на порошках залитих епоксидним клеєм після орієнтування у магнітному полі і розраховували параметр текстури за пакетом програм CSD [3].

ГДДР проводили у порошках сплавів під тиском водню до 0,05 МПа та температурі до 750 °С під час диспропорціонування та у динамічному форвакуумі при температурі до 850 °С під час рекомбінування.

За даними РФА, основними продуктами диспропорціонування сплавів у водні є гідрид неодиму та залізо. У вакуумі феромагнітна фаза  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  рекомбінує.

Експериментально підтверджено, що механізм формування анізотропії у сплавах системи неодим-залізо-бор такий самий, як і в самарій-кобальтових сплавах [4]. Мікроструктура сплавів після ГДДР здрібнюється до 0,2-0,4 мкм. У випадку сплаву стехіометричного складу ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ) отримано високодисперсну суміш двох фаз  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\text{Fe}$ .

Після ГДДР зростає коерцитивна сила сплавів.

1. Goll D., Kronmuller H. High-performance permanent magnets // *Naturwissenschaften*. – 2000. – V. 87. – P.423–438.
2. Honkura Y. HDDR magnets and their potential use for automotive applications // *Proc. 18<sup>th</sup> Int. Workshop on High Performance Magn. and their Appl.* – Annecy, France, 2004. – P. 559-565 ( CD).
3. Akselrud L. G., Grin Yu. N., Zavalij P. Yu. CSD-universal program package for single crystal or powder structure data treatment // *Collected Abstracts 12 th European Crystallographic Meeting (Moscow, 20-29 August 1989)*. – М.: Nauka, 1989. – 3. – P.155.
4. Заявка на патент України № а 2010 00035 від 11.01.2010 р. «Спосіб формування анізотропної дрібнозеренної структури порошків сплавів системи Sm-Co воднево-вакуумним термічним обробленням». Булик І.І., Панасюк В.В., Тростянчин А.М. Позитивне рішення на видачу патенту України від 13.10.2011 р.

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ І КІНЕТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ЦИРКОНІУ З ВОДНЕМ ТА ВПЛИВУ ЗМІННОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ В ЦИРКОНІЇ НА ФАЗОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ І ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**О.М.Івасишин, Д.Г.Саввакін, Д.І.Карпінець**  
Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України,  
36, бульв. Вернадського, 03142, Київ  
E-mail: [ivas@imp.kiev.ua](mailto:ivas@imp.kiev.ua), [savva@imp.kiev.ua](mailto:savva@imp.kiev.ua)

Сплави на основі цирконію характеризуються прекрасною корозійною стійкістю, в тому числі, в біологічних середовищах, мають високі характеристики міцності, а також високий опір повзучості, що робить їх надзвичайно привабливими для використання в якості корозійностійких конструкційних елементів, зокрема, в ядерній енергетиці та медицині. Отримання цих сплавів і виробів з них традиційними металургійними методами (виплавка зливків, їх багатостадійна термічна обробка та термомеханічна обробка), є енерговитратним і пов'язане із значними технологічними труднощами, а також суттєвими втратами матеріалу (до 90%) при переробці зливків у вироби необхідної форми. Такі втрати цирконію у вигляді відходів виробництва є неприпустимими, враховуючи його високу вартість і значний дефіцит в Україні. Іншою нагальною проблемою, що потребує вирішення, є переробка відходів цирконієвих сплавів, які виникають в процесі металургійного виробництва, або які втратили фізичні, мікроструктурні та механічні характеристики під час експлуатації.

Вищезазначені проблеми отримання і переробки цих сплавів можна вирішити на основі застосування водневих технологій, використовуючи водень як тимчасовий легувальний додаток до цирконію. Дана робота присвячена розробці фізичних основ принципово нового методу отримання (синтезу) цирконієвих та цирконій-титанових сплавів з порошкових матеріалів, з використанням водню для керованого впливу на їх фазовий склад, мікроструктуру і фізико-механічні властивості.

Спечений масивний цирконій та цирконієві сплави пропонується отримувати з порошку гідриду цирконію  $ZrH_2$  та сумішей на його основі з добавками легувальних порошків. Фазові перетворення при десорбції водню з гідриду цирконію при нагріванні ведуть до підвищення дефектності кристалічної структури, тим самим активізуючи дифузію в порошковій системі і сприяючи її покращеному спіканню.

В роботі досліджено термічні, баричні і часові режими, що забезпечують насичення цирконію воднем до заданих концентрацій і наступне контрольоване видалення водню. Визначено режими, що дозволяють отримати однофазний гідрид цирконію і потім повністю дегідрувати його. Методами рентгенівського та високотемпературного рентгенівського аналізу, диференційного термічного, термогравіметричного та дилатометричного аналізів досліджено зміни фазового складу, а також термічні та об'ємні ефекти при дегідруванні гідриду цирконію. Досліджено зміни мікроструктури в залежності від фазового стану та концентрації водню в цирконії. Встановлено основні закономірності перетворення скомпактованої системи часток  $ZrH_2$  в масивний цирконій з низькою об'ємною долею пор при нагріванні у вакуумі.

Проведений порівняльний аналіз особливостей процесів гідрування та дегідрування цирконію та титану з метою синергетичного використання двох гідридів  $ZrH_2$  та  $TiH_2$  для синтезу сплавів Zr-Ti.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОЛІТУ НА БАЗІ $\text{ZrO}_2$ З БАГАТОКОМПОНЕНТНИМ ЛЕГУВАННЯМ

Перекрестов Б.І., Даніленко І.А., Константінова Т.Є,  
Глазунов Ф.І., Волкова Г.К., Глазунова В.А.,  
Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України,  
83114, м. Донецьк, вул. Р.Люксембург, 72; тел: (062)311-11-21; факс.(062) 337-75-13;  
e-mail:[matscidep@aim.com](mailto:matscidep@aim.com)

Однією з основних проблем розвитку високотемпературних оксидних паливних елементів є одержання щільного електроліту з підвищеною величиною іонної провідності. Як відомо, комерційні інтереси також вимагають спрощення технології виготовлення елементів паливної комірки, зниження температур експлуатації з одночасним підвищенням надійності комірки та батареї в цілому. Основні завдання програми передбачають «... розробити нові високоефективні функціональні та конструкційні матеріали для високотемпературних оксидно-керамічних ПК. Розробити моноблочні керамічні паливні комірки на основі  $\text{ZrO}_2$  та покращених електродних матеріалів...».

Транспортні властивості керамічного електроліту на базі  $\text{ZrO}_2$  істотно залежать від хімічного складу та технологічних параметрів, прийнятих в процесі виготовлення порошкового матеріалу та спікання кераміки. Відомо, що найбільш високу іонну провідність має електроліт на базі  $\text{ZrO}_2$  легований скандієм, але його фізико-механічні властивості в робочих умовах є дуже низькими. Для покращання цих властивостей досліджувався вплив додаткового легування церієм, але це не привело до суттєвих змін.

Наші дослідження при виконанні програми «Фундаментальні проблеми водневої енергетики» показали, що додаткового легування базової системи  $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$  іонами Fe, Cr, Al, Ce, оказує суттєвий вплив на електрофізичні, фізико-механічні властивості та структуру електроліту паливного елементу, а також вплив хімічного складу на процеси спікання кераміки з діоксиду цирконію. До того ж система на базі  $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$  має найбільшу стабільність властивостей при експлуатаційних умовах.

При виконанні першого етапу проекту «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» біло досліджено вплив додаткового легування іонів рідкоземельних елементів Eu, Sm, Gd, Dy та інших на електрофізичні, фізико-механічні властивості та структуру електроліту паливного елементу. Було також досліджено вплив цих домішок на процеси спікання кераміки з діоксиду цирконію.

Було виявлено концентраційну та температурну залежність величини енергії активації іонної провідності. Показано, що температурна залежність енергії активації носить ступінчастий характер, має ділянки слабкої залежності від температури при відносно низьких (до  $500^\circ\text{C}$ ) і високих (більше  $500^\circ\text{C}$ ) температурах. При високих температурах вплив домішки менш істотний. При низьких температурах енергія активації змінюється і залишається залежною від змісту стабілізуючої домішки. Показано, що домішки рідкоземельних іонів приводять до підвищення рівня іонної провідності та зниження рівня енергії активації іонної провідності в області низьких температур (до  $500^\circ\text{C}$ ). Також показано, що ці домішки впливають на процеси спікання та структуру матеріалу електроліту.



# **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ ТИПІВ УСТАНОВОК, ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОМАНЕВРОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ТІЛА УСТАНОВКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ТУРБОАГРЕГАТУ**

**Мацевитий Ю.М., Русанов А.В., Соловей В.В.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,  
вул. Дм. Пожарського 2/10, Харків, 61046, Україна, e-mail: solovey@ipmach.kharkov.ua

Результати термодинамічних досліджень показали переваги використання водню як робочого тіла в енергоперетворюючих установках в порівнянні з багатоатомними газами, що відкриває перспективи створення високоефективних енергоустановок з турбоперетворювачами, які мають ряд значних переваг в порівнянні з традиційними газовими турбінами.

Показана можливість використання металогідридних термосорбційних компресорів в тепловикористовуючих та водневозріджувальних установках за умов утилізації викидної теплоти низького температурного потенціалу. Визначено умови, за яких забезпечується максимальна корисна робота циклів металогідридних установок. Результати розрахунків показали, що максимальну ефективність має цикл з ізотермічним розширенням робочого тіла з температурою водню за компресором  $T_2$  більшою, ніж температура десорбції  $T_{\text{дес}}$ .

Розглянуто цикли роботи теплоутилізаційних газотурбінних установок з термохімічним стиском робочого тіла та визначено їх ефективність за умов різного компонування окремих елементів схеми. Проаналізовано три варіанти співвідношення температури водню  $T_2$  перед розширювальною машиною до температури довкілля  $T_0 - T_2 > T_0$ ,  $T_2 \leq T_0$  та  $T_2 < T_0$ . Встановлено, що для енергоперетворювальних установок найбільш ефективними є замкнені термодинамічні цикли, що забезпечують спільне вироблення механічної енергії і холоду та отримання холоду низького температурного потенціалу.

Сформовано основні принципи вибору типів установок, перспективних для створення високоманеврового енергетичного обладнання, та конструювання турбоагрегатів з урахуванням додаткових вимог, що накладає використання в них водню як робочого тіла. Вплив властивостей робочого тіла виражається в зміні таких параметрів як швидкість руху газів, величина закручення лопаток, що впливає на загальну кількість ступенів турбіни. Розглянуто питання вибору раціональних термогазодинамічних характеристик турбоагрегату при використанні водню, визначено характер зміни параметрів водню на виході із турбіни та її потужності для різних варіантів початкових параметрів.

Проаналізовано роботу водневої мікротурбіни при різній кількості сопел. Встановлено, що зі збільшенням кількості сопел вплив початкового тиску проявляється більш суттєво, ніж вплив початкової температури. Отримані дані свідчать про принципову можливість створення мікротурбін при витраті водню на рівні 0,01 кг/с, в тому числі з температурою на виході нижче температури навколишнього середовища, що дає змогу виділити для них таку область використання, як отримання холодильного агента для різних галузей промисловості. Одним з перспективних варіантів для цього можуть бути багатоступінчасті осьові високооборотні турбіни з парціальним підведенням робочого тіла.

Проведено вибір конструктивних характеристик водневої турбоустановки з термохімічним стиском робочого тіла. Запропоновано технологію моделювання проточної частини складної просторової форми для високоманеврової водневої турбіни, яка базується на дослідженні тривимірної турбулентної течії в'язкого газу. Розглянуто особливості застосування багатоступінчастих осьових, радіально-осьових турбін та турбіни з радіальним напрямком лопаток в енергоперетворюючих установках з термохімічним стисненням робочого тіла. Визначено переваги та недоліки використання в даних схемах кожного типу турбін. Дана оцінка геометричних характеристик основних елементів проточної частини – діаметрів дисків робочих коліс, висоти соплової і робочої лопаток, числа ступенів турбіни, частоти обертання ротора.

# **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОХІМІЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕТВОРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧИХ МЕТАЛОГІДРИДНИХ УСТАНОВКАХ**

**Соловей В.В., Літвінов В.О., Чорна Н.А.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України  
вул. Дм. Пожарського, 2/10, м. Харків, 61046, Україна  
[solovey@ipmach.kharkov.ua](mailto:solovey@ipmach.kharkov.ua)

Метою проекту є розробка концептуальних засад створення металогідридної техніки широкого функціонального призначення для перетворення та трансформації енергії на основі ефекту термосорбційної взаємодії водню з металогідридами.

В рамках робіт, які заплановано для виконання в першому етапі розроблено класифікацію металогідридних теплоенергетичних установок. Проведена систематизація надає можливість на початковій стадії розробки прийняти основні засади побудови металогідридної теплоенергетичної установки та здійснити вибір конструктивних та режимних характеристик.

Показана термодинамічна доцільність застосування металогідридних технологій в водневих установках, принцип дії яких базується на використанні ефекту термосорбційної взаємодії водню з металогідридним носієм. Встановлено, що за допомогою металогідридного термосорбційного компресору здійснюється пряме перетворення теплоти в потенційну енергію стисненого водню, міняючи проміжні стадії перетворення енергії в ланцюзі «тепло – стислий водень», що має місце в існуючій технології компримування газу. Показано, що ступінь термодинамічної досконалості термохімічного способу перетворення первинної енергії у формі теплоти в енергію комбінованого водню перевершує по ефективності механічний спосіб стиску, причому з ростом ступеня стиску переваги термосорбційного компресору проявляються в більшій мірі.

Визначено показники придатності металогідридів, які дозволяють на стадії розробки конструкції термосорбційного компресору обирати тип металогідриду, який відповідає функціональним потребам водневої установки. Досліджено термодинамічні та теплофізичні аспекти процесів перетворення теплової енергії низького потенціалу в енергію стиснутого водню за допомогою технології металогідридного термосорбційного компримування. Показано, що циклічна робота термосорбційного компресору пов'язана зі знакозмінними тепловими навантаженнями, обумовленими періодичним нагріванням й охолодженням конструкції теплоперетворюючих елементів, що приводить до додаткових витрат теплоти на нагрівання металогідриду й металу конструкції.

Встановлено, що разом з зменшенням ексергії, яка зумовлена зовнішньою термодинамічною незворотністю за рахунок нерівноважності процесів теплообміну металогідриду з енергоносієм та хладоагентом, також має місце значна втрата працездатності теплоти у перехідних термосорбційних процесах. Тому для підвищення ефективності стиснення водню запропоновано здійснення додаткових технічних заходів, які забезпечують повернення до циклу теплоти металогідриду та металоконструкції, що втрачається у процесі їх охолодження від температури десорбції до температури сорбції.

Подальшого розвитку отримала розрахунково-теоретична методика дослідження складних теплофізичних та термодинамічних процесів в енергоперетворювальних системах з використанням металогідридів за умов наявності внутрішньої та зовнішньої необерненості робочих процесів, що надало можливість провести розрахунки системи та визначити комплекс основних конструктивних та режимних параметрів, що характеризують загальну ефективність її роботи.

Отримані результати будуть використані для подальшого вдосконалення металогідридних елементів енергоперетворюючих установок, що працюють в нестаціонарних режимах, з метою підвищення ефективності їхньої роботи та розробці наукових засад створення металогідридної техніки для інфраструктури водневої енергетики, яка забезпечить використання екологічно чистого енергоносія в транспортній, промисловій та комунально-побутовій сферах економіки України.



# **ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ КАНЦЕРОГЕННИХ СПОЛУК ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ І ПРИНЦИПІВ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ**

**Івановський О.І., Каніло П.М., Соловей В.В., Шубенко О.Л., Костенко К.В.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України,  
вул. Дм. Пожарського 2/10, Харків, 61046, Україна, e-mail: [solovey@ipmach.kharkov.ua](mailto:solovey@ipmach.kharkov.ua)

Метою проекту є вирішення проблеми зменшення шкідливого впливу енергетики на навколишнє середовище за рахунок застосування водневих екотехнологій на всіх етапах трансформації енергії. Результати аналізу обсягів генерації та споживання енергії, свідчать, що більше ніж 70 % її виробництва здійснюється за рахунок використання вуглеводневих палив. Продукти згоряння органічних палив, у тому числі відпрацьовані гази (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння, містять різні екологічно небезпечні компоненти, у тому числі канцерогенні вуглеводні (КВ), які мають не тільки токсичні, а й мутагенні властивості. На теперішній час у ВГ автотранспортних засобів із ДВЗ ідентифіковано 460 таких сполук. У міжнародній практиці індикатором присутності пріоритетної групи КВ (14 КВ) прийнято вважати бенз(а)пірен (БП –  $C_{20}H_{12}$ ), що є найбільш агресивним і стійким канцерогеном для якого встановлено норми гранично допустимих середньодобових концентрацій у повітрі населених пунктів ( $[ГДК_{БП}]_{сд} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$ ) і в робочій зоні ( $[ГДК_{БП}]_{рз} = 0,00015 \text{ мг/м}^3$ ). На основі системного аналізу процесів хімічних перетворень під впливом баротермічних та електродинамічних факторів встановлено, що перспективними для знищення канцерогенних сполук є технології з використанням плазмохімічних процесів. Плазмові методи дозволяють створювати пересувні установки і переробляти відходи на місці їх виробництва або зберігання. Високі температури та регулювання складу плазмоутворюючих газів забезпечують максимальну ступінь переробки супертоксикантів до яких відносяться поліароматичні вуглеводні наявність яких зафіксовано в паливних композиціях, що використовуються в ДВЗ. В рамках теоретичного аналізу встановлено, що при розробці таких установок найбільш перспективним є застосування НВЧ-плазмотронів. Такі плазмотрони генерують плазму практично в будь-якій зоні двофазного потоку. Застосування НВЧ-плазми надає цілий ряд додаткових переваг: висока температура й більша концентрація енергії в одиниці об'єму, значна кількість збуджених часток (атомів, радикалів, іонів, електронів), простота автоматизації процесу. При цьому ефективність нагрівання дуже висока за рахунок розповсюдження плазми по всьому об'єму реакційної зони. В основу технологічного процесу на початковій стадії переробки супертоксикантів покладено процес піролізу – термічної деструкції без доступу кисню, з наступним використанням водню для хімічної детоксикації продуктів піролізу. Встановлено, що хімія хімічних перетворень ароматичних вуглеводнів (П АВ) має багатостадійний та складний характер. Процес, починається при температурах вище 1600K з подальшим перетворенням продуктів деструкції в газову фазу компоненти якої вступають хімічну взаємодію з воднем. При такій температурі водень не є інертним розріджувачем, а істотно впливає на кінетику процесу. У присутності водню різко подавляються процеси конденсації і коксоутворення, завдяки гідруванню продуктів реакції. Режим піролізу визначається у кожному конкретному випадку залежно від складу компонентів. В зв'язку з цим для отримання водню створено електрохімічну систему одержання і активації водню високого тиску. Розроблено технологічну схему генерації і подачі водню та складено регламент по її експлуатації, що включає регулювання режимів роботи в широкому діапазоні параметрів включно з пуском і зупинкою агрегату. За аналізом результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень при розробці технічного проекту електролізного блоку було отримано залежність продуктивності електролізера високого тиску від споживаної електричної потужності. Теоретичні і експериментальні дослідження засвідчили, що діапазон робочих температур розробленого процесу електролізу перебуває в межах від 280 K до 423 K, що потребує додаткового джерела енергії для підтримки необхідного температурного рівня в реакторі. Розроблено функціональну схему технологічного процесу термохімічної деструкції канцерогенних сполук та створено плазмову установку, яка призначена для знешкодження супертоксикантів, носіями яких є аерозольні частки у ВГ. Розроблено комплексну методику фільтраційного визначення концентрації канцерогенних П АВ, яку апробовано в умовах стендових випробувань ДВЗ.

# **СТВОРЕННЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ОСНОВ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ТЕХНОЛОГІЯХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ НАФТИ, ГАЗУ ТА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ**

**Кравченко О.И., Прошицька Л.В., Велігоцький Д.О., Строгий Є.М.,  
Сімбірський О.В.**

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України  
61046, Харків, вул. Дм. Пожарського, 2/10  
E-mail: [krav@ipmach.kharkov.ua](mailto:krav@ipmach.kharkov.ua)

У дослідженнях, раніше проведених в ІПМаш НАН України, було показано позитивний вплив водню на збільшення газової проникності кернів продуктивних пластів нафтових і газових свердловин. Також доведено, що водень може стати ініціатором реакцій гідроконверсії парафіну та «важких» асфальтенових і гудронових фракцій вуглеводнів безпосередньо в пласті, що істотно покращує результати вживання термобарохімічних технологій. Вибір нових гідрореагуючих речовин, пошук можливих шляхів управління хімічними реакціями гідролізу в умовах високого тиску при заданих температурних режимах і конструктивних обмеженнях свердловин, визначення складів високоенергетичних паливних систем, в першу чергу, для забезпечення теплових режимів, необхідних для протікання реакцій виділення водню на різних стадіях технологічного процесу - є основним завданням даних досліджень.

В ході виконання етапу проекту був проведений аналіз функціональних можливостей широкого круга гідрореагуючих речовин, проведена систематизація даних по їх продуктивності по водню, швидкості газовиділення, а також умовам і обмеженням здійснення процесів їх гідролізу. Визначено речовини, які придатні для вживання в термобарохімічних технологіях. Було показано, що нові типи перспективних гідрореагуючих речовин, таких як ізопропілметакарборан  $C_3B_{10}H_{18}$  і ізоамілметакарборан  $C_5B_{10}H_{22}$ , вимагають організації особливих температурних режимів їх реакцій (500-600 К) для генерування молекулярного і атомарного водню.

З цією метою запропоновані основні складові горючо-окислювальних сумішей (ГОС), екзотермічні реакції яких забезпечуватимуть необхідні температурні режими: аміачна селітра, хлористий амоній, азотна кислота і азотнокисла сечовина. Ці речовини мають широку промислову базу і мають високу розчинність у воді в порівнянні з іншими потенційно придатними окислювачами.

Розглянуті нові методи організації твердофазного горіння із застосуванням нових видів активаторів горіння на основі літію і пероксиду натрію, а також з використанням полімерного нітрилу - параціану  $(C_2N_2)_n$ .

Намічено шляхи подальших досліджень, що передбачають моделювання процесів генерування водню із застосуванням нових типів ГРВ в присутності ГОС і в термобарохімічних режимах, відповідних реальним умовам свердловин.

# ЗМІСТ

## ПОПЕРЕДНЯ ПРОГРАМА

7-14

### I. Отримання водню

**РОЗРОБКА ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ІЗ ВОДИ З ДОПОМОГОЮ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ЕНЕРГОАКУМУЛЮЮЧИХ РЕЧОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВОВАНИХ ЦИНКУ, МАРГАНЦЮ, АЛЮМІНІЮ, ЗАЛІЗА ЗА ДОПОМОГОЮ ВІСМУТУ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ З ВІДНОВЛЕННЯМ ВІДХОДІВ – ОКСИДІВ КАРБОТЕРМІЧНИМ МЕТОДОМ** 17

Козін Л.Х., Волков С.В., Гончаренко С.Г., Данільцев Б.І.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТЕРМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛІ ТА НІКЕЛЮ ВАНАДІЄМ, НІОБІЄМ, ТАНТАЛОМ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТОДНОГО ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА АНОДНОГО ВИДІЛЕННЯ КИСНЮ НА МОДИФІКОВАНИХ ЕЛЕКТРОДАХ З ЛУЖНОГО РОЗЧИНУ** 18

Козін Л.Х., Манілевич Ф.Д., Машкова Н.В., Куций А.В.

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

**СЕЛЕКЦІЯ ЗМІШАНИХ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ (ЗМУ) - СТАБІЛЬНО ФУНКЦІОНУЮЧИХ АСОЦІАЦІЙ НА ОСНОВІ ДОМІНУЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ-ПРОДУЦЕНТІВ Н<sub>2</sub>** 19

Таширева Г.О., Притула І.Р., Демченко Л.І., Таширев О.Б.

Інститут мікробіології і вірусології НАН України

**ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КАТАЛІТИЧНОЇ КАРБОНІЗАЦІЇ ТВЕРДОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ** 20

Трипольський А.І., Калішнін Є.Ю.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

**АКТИВНІСТЬ І СЕЛЕКТИВНІСТЬ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ОСНОВІ БІМЕТАЛІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ, ЯКІ МІСТЯТЬ Cu, Co, Ni, Fe В СКЛАДІ НАНЕСЕНИХ ТА СКЛАДНИХ ОКСИДНИХ СИСТЕМ, В ПРОЦЕСІ ПАРОВОГО РИФОРМІНГУ РІДКОЇ БІОСИРОВИНИ** 21

Стрижак П.Є., Столярчук І.Л., Дейнега І.В., Василенко І.В., Стара Л.О., Долгих Л.Ю., Пятницький Ю.І.

Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України

**СТВОРЕННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КИСНЮ, А ТАКОЖ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ** 22

Тітов В.Є., Курись Я.І., Дядюн В.С., Мішура А.М., Уставицька О.О., Кошечко В.Г., Походенко В.Д.

Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

**ПАРЦІАЛЬНЕ ОКИСНЕННЯ МЕТАНОЛУ НА Cu-Zn-Cr-Ni-ОКСИДНИХ СТРУКТУРОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРАХ** 23

Капран А.Ю., Орлик С.М.

Інститут фізичної хімії ім.Л.В.Писаржевського НАН України

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ПАРОВИЙ ТА ПАРО-КИСНЕВИЙ РИФОРМІНГ C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-ВУГЛЕВОДНІВ НА СТРУКТУРОВАНИХ Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/КОРДИЄРИТ КАТАЛІЗАТОРАХ</b><br><b>Губарені Є.В., Соловійов С.О., Курилець Я.П.</b><br>Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України                                                              | 24 |
| <b>РОЗРОБКА ПРОТОНОПРОВІДНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ТЕРМОСТІЙКИХ ПОЛІЕНОВИХ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ КАТАЛІЗАТОРА ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ ІЗ ВУГЛЕЦЕВОЇ СИРОВИНИ</b><br><b>Бортишевський В.А., Корж Р.В., Рогальський С.П., Бурдейний В.Г., Тарасюк О.П.</b><br>Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України                                     | 25 |
| <b>РОЗРОБКА МЕТОДИК ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРИРОДНИХ І СТИЧНИХ ВОД ФОТОКАТАЛІТИЧНИМИ ТА ЕЛЕКТРОМЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ</b><br><b>Д.Д. Кучерук, Р.В. Приходько, Т.Ю. Дульнева</b><br>Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України                      | 26 |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ ЗА ПРОЕКТАМИ ПРОГРАМИ «ВОДЕНЬ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ ТА НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЯХ»</b><br><b>Чернишев Л.І., Білан І.І., Гудименко Т.В., Левіна Д.А., Ковальова Л.А.</b><br>Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України                                                               | 27 |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ TiO<sub>2</sub> ПЛІВОК МЕТОДОМ CVD В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ. ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ РОСТУ</b><br><b>Силенко П.М., Данько Д.Б., Шлапак А.М., Андрущенко Д.І., Солонін Ю.М.</b><br>Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України                  | 28 |
| <b>ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ ТА СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ</b><br><b>Жовтянський В.А., Петров С.М., Дудник О.М.<sup>(1)</sup>, Колесник В.В., Орлик В.М., Невзгляд І.О.</b><br>Інститут газу НАН України,<br><sup>(1)</sup> Ін-т вугільних енерготехнологій НАНУ                | 29 |
| <b>СВІТЛО-ЗАЛЕЖНЕ ПРОДУКУВАННЯ ВОДНЮ МІКРО -ВОДОРОСТЯМИ (CHLOROPHYTA) І ФОТОСИНТЕТИЧНИМИ БАКТЕРІЯМИ (RHODOBACTER)</b><br><b>Поліщук О.В., Подорванов В.В., Золотарьова О.К.</b><br>Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України                                                                                                            | 30 |
| <b>ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОСТАДІЙНОЇ КОНВЕРСІЇ ТВЕРДОЇ БІОМАСИ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ: ПЕРЕТВОРЕННЯ БІОМАСИ ТА ВІДХОДІВ У РІЗНІ ВИДИ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ І ВОДНЮ З ОТРИМАНИХ ЗРАЗКІВ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА</b><br><b>Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.</b><br>Інститут вугільних енерготехнологій НАН України | 31 |
| <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КАРБОНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КАМ'ЯНИХ ТА БУРИХ ВИДІВ ВУГІЛЛЯ, ОТРИМАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ВОДНЮ З КАРБОНІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ</b><br><b>Майстренко О.Ю., Дудник О.М., Соколовська І.С., Донець В.В.</b><br>Інститут вугільних енерготехнологій НАН України                                           | 32 |
| <b>РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СУМІСНОЇ РОБОТИ ВІТРОУСТАНОВКИ І ЕЛЕКТРОЛІЗЕРА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ</b><br><b>Кудря С.О., Морозов Ю.П., Кузнєцов М.П.</b><br>Інститут відновлюваної енергетики НАН України                                                                                                                                    | 33 |

## II. Зберігання водню

- СИНТЕЗ ФОТОАНОДІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ХАЛЬКОГЕНІДІВ КАДМІЮ І ЦИНКУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ У ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ** **34**  
Русецький І.А., Слободянюк І.О., Колбасов Г.Я.  
Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
- РОЗВИТОК ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ЗАСАД СТВОРЕННЯ НОВИХ ВИСОКОПОРИСТИХ МЕТАЛ-ОРГАНІЧНИХ КАРКАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ** **35**  
Колотілов С.В., Полунін Р.А., Дорофєєва В.М., Кіскін М.О.<sup>(1)</sup>, Єременко І.Л.<sup>(1)</sup>, Новоторцев В.М.<sup>(1)</sup>  
Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України,  
<sup>(1)</sup>Інститут загальної і неорганічної хімії ім. М.С. Курнакова РАН
- ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРОФУЛЛЕРИТІВ C<sub>60</sub>H<sub>x</sub>** **36**  
Щур Д.В., Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А., Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.  
Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України.
- ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ СПЛАВІВ ТИПУ АВ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНЮ.** **37**  
Загінайченко С. Ю., Матисіна З.А., Хотиненко Н.Г., Рогозинський А.О.  
Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України
- ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ВОДЕНЬСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА КІНЕТИКИ ДЕСОРБЦІЇ ВОДНЮ З ГІДРИДНИХ ФАЗ КОМПОЗИТІВ, ОТРИМАНИХ РЕАКТИВНИМ ПОМЕЛОМ СУМІШЕЙ Mg+10%мас.АІ, Mg+10%мас.Ті, Mg+10%мас.Fe** **38**  
Добровольський В.Д., Єршова О.Г., Солонін Ю.М., Хижун О.Ю.  
Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України
- ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСІВ СОРБЦІЇ ВОДНЮ В ЕЛЕКТРО- ТА ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДУ ВОДЕНЬСОРБЦІЙНИХ СПЛАВІВ ТА КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ** **39**  
Щербакова Л.Г., Сподарик М.І., Кравчук Д.М., Солонін Ю.М.  
Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України
- РОЗРОБКА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МАГНІЮ, ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ МЕХАНО-ХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ МАТЕРІАЛІВ** **40**  
Завалій І.Ю., Денис Р.В., Березовець В.В., Рябов О.Б.  
Фізико-механічний інститут НАН України
- ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СТРИБКАМИ БАРКГАУЗЕНА НАВОДНЕНОГО ФЕРОМАГНЕТИКА І ПАРАМЕТРАМИ ЗОВНІШНЬОГО МАГНЕТНОГО ПОЛЯ** **41**  
Скальський В.Р., Сергієнко О.М., Рудавський Д.В., Окрепкий Ю.С.  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
- ПЕРСПЕКТИВНІ СПЛАВИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНИМИ ВОДЕНЬ-СОРБЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ Ti-Fe-Mn. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ СИНТЕЗУ ГІДРИДІВ.** **42**  
Іванченко В.Г., Дехтяренко В.А., Прядко Т.В.  
Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕРОЗЧИННИХ КОМПОНЕНТ НА НАКОПИЧЕННЯ ТА ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ ІЗ МАГНІЄВИХ КОМПОЗИТІВ** **43**  
Неклюдов І.М., Морозов О.М., Куліш В.Г., Журба В.І., Ломіно М.С., Овчаренко В.Д., Купрін О.С.  
Національний Науковий Центр “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЗАСАДИ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОДНЕСОРБЦІЙНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ</b> | <b>44</b> |
| Бондаренко Б.І., Марчук Ю.В., Праженнік Ю.Г., <u>Ховавко О.І.</u> , Святенко О.М., Кожан О.П., Котов В.Г.                         |           |
| Інститут газу НАН України,                                                                                                        |           |

### **III. Використання водню**

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>РОЗРОБКА ГІБРИДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОТОНОПРОВІДНИХ МЕМБРАН ПОЛІМЕРЕЛЕКТРОЛІТНИХ ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК</b> | <b>45</b> |
| <b>Шевченко В.В.</b>                                                                                             |           |
| Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України                                                             |           |

|                                                                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВПЛИВ УМОВ КАРБОНІЗАЦІЇ САХАРОЗИ І АКТИВАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ СТРУКТУРНО-СОРЕБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПОГЛИНАННЯ ВОДНЮ</b> | <b>46</b> |
| <b>Щербань Н.Д., Яремов П.С., Ільїн В.Г.</b>                                                                                         |           |
| Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України                                                                           |           |

|                                                                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ОДЕРЖАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ТІЛ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ МЕЗОПОРИСТИХ ОКСИДІВ, ЩО ВКЛЮЧАЮТЬ ВУГЛЕЦЕВИЙ КОМПОНЕНТ ТА ПАЛЛАДІЙ</b> | <b>47</b> |
| <b>Тельбіз Г.М., Бухтіяров В.К., Фрассард Ж., Манорик П.А</b>                                                                        |           |
| Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України                                                                           |           |

|                                                                                                                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ЕЛЕКТРОЛІТНІ ТА ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ (600°C) ПАЛИВНОЇ КОМІРКИ НА ОСНОВІ ОКСИДУ ЦИРКОНІЮ, СТАБІЛІЗОВАНОГО КОМПЛЕКСНИМИ СКАНДІЄВІСНИМИ ДОБАВКАМИ</b> | <b>48</b> |
| <b>Білоус А.Г., В'юнов О.І., Коваленко Л.Л., Янчевський О.З., Іваницький В.П.<sup>(1)</sup></b>                                                                               |           |
| Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України                                                                                                    |           |
| Інститут мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененко НАН України                                                                                                           |           |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>                    | <b>49</b> |
| <b>Скороход В.В., <u>Морозов І. А.</u>, Морозова Р. О., Кондрашов О. В., Дубовик Т. В.</b> |           |
| Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України                           |           |

|                                                                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕАКЦІЙ ВЗАЄМОДІЇ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ З ВОДНЕМ І РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОБАРИЧНИХ УМОВ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕАКЦІЇ ДЕСТРУКТИВНОГО ГІДРУВАННЯ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ</b> | <b>50</b> |
| <b><u>Братаніч Т.І.</u>, Кучерявий О.В.</b>                                                                                                                                            |           |
| Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України                                                                                                                      |           |

|                                                                                                                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРОШКІВ СУЛЬФІДУ ХРОМУ Cr<sub>x</sub>S<sub>y</sub> ТА ПОРУВАТИХ ЗРАЗКІВ З НЬОГО</b>                                                                                                                           | <b>51</b> |
| <b><u>Васильєв О.Д.</u>, Ушкалов Л.М., Слиш І.Г., Бродніковський Є.М., Бродніковський Д.М., Самелюк А.В., Головова М.Є., Брахнов М.В., Остап О.П.<sup>(1)</sup>, Василів Б.Д.<sup>(1)</sup>, Подгурська В.Я.<sup>(1)</sup></b> |           |
| Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України,                                                                                                                                                             |           |
| <sup>(1)</sup> Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України                                                                                                                                                         |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДИК ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАВОДНЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ У КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЯХ. РОЗРОБКА МЕТОДИК ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ НАВОДНЮВАННЯ БІЛЯ КОНЦЕНТРАТОРІВ НАПРУЖЕНЬ</b> | <b>52</b> |
| <b>І.М. Дмитрах, <u>А.М. Сиротюк</u>, О.Л. Білий</b>                                                                                                                                                                                                                                      |           |
| Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України                                                                                                                                                                                                                                  |           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ДОСЛІДЖУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗМІРІВ КРИСТАЛІТІВ, ПАРАМЕТРА<br>ТЕКСТУРИ ТА МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКІВ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ<br>СПОЛУКИ $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ВІД ПАРАМЕТРІВ ВОДНЕВОГО ОБРОБЛЕННЯ<br><u>Булик І.І.</u> , Тростянчин А.М., Лютий П.Я., Бурховецький В.В. <sup>(1)</sup><br>Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,<br><sup>(1)</sup> Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України | 53    |
| ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ І КІНЕТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ЦИРКОНІЮ З ВОДНЕМ ТА<br>ВПЛИВУ ЗМІННОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОДНЮ В ЦИРКОНІЇ НА ФАЗОВІ<br>ПЕРЕТВОРЕННЯ І ФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ<br>О.М.Івасишин, <u>Д.Г.Саввакін</u> , Д.І.Карпінєць<br>Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України                                                                                                                                                                    | 54    |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОЛІТУ<br>НА БАЗІ $\text{ZrO}_2$ З БАГАТОКОМПОНЕНТНИМ ЛЕГУВАННЯМ<br>Перекрестов Б.І. <sup>1</sup> , <u>Даніленко І.А.<sup>1</sup></u> , Константінова Т.Є <sup>1</sup> , Глазунов Ф.І. <sup>1</sup> , Волкова Г.К. <sup>1</sup> ,<br>Глазунова В.А. <sup>1</sup> ,<br><sup>1</sup> Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України                                        | 55    |
| РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИБОРУ ТИПІВ УСТАНОВОК, ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ<br>СТВОРЕННЯ ВИСОКОМАНЕВРОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.<br>ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОБОЧОГО ТІЛА УСТАНОВКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ<br>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ТУРБОАГРЕГАТУ<br>Мацевитий Ю.М., Русанов А.В., <u>Соловей В.В.</u><br>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України                                                                                        | 56    |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОХІМІЧНИХ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ<br>ПЕРЕТВОРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧИХ МЕТАЛОГІДРИДНИХ<br>УСТАНОВКАХ<br>Соловей В.В., <u>Літвінов В.О.</u> , <u>Чорна Н.А.</u><br>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України                                                                                                                                                                                | 57    |
| ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ КАНЦЕРОГЕННИХ<br>СПОЛУК ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЙ І ПРИНЦИПІВ РОБОТИ СИСТЕМИ<br>АВТОНОМНОГО ОДЕРЖАННЯ ВОДНЮ<br>Івановський О.І., Каніло П.М., Соловей В.В., Шубенко О.Л., <u>Костенко К.В.</u><br>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України                                                                                                                                     | 58    |
| СТВОРЕННЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ОСНОВ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В<br>ТЕХНОЛОГІЯХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ НАФТИ, ГАЗУ ТА ГАЗОВОГО<br>КОНДЕНСАТУ<br><u>Кравченко О.І.</u> , Процицька Л.В., Велігоцький Д.О., Строгий Є.М., Сімбірський О.В.<br>Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України                                                                                                                                             | 59    |
| <b>Авторський показчик</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 71-72 |



|                     |          |                    |       |
|---------------------|----------|--------------------|-------|
| <b>А</b>            |          | <b>Журба В.І.</b>  | 43    |
| Андрущенко Д.І.     | 28       | <b>З</b>           |       |
| <b>Б</b>            |          | Завалий І.Ю.       | 40    |
| Березовець В.В.     | 40       | Загінайченко С.Ю.  | 36,37 |
| Білан І.І.          | 27       | Золотарьова О.К.   | 30    |
| Білоус А.Г.         | 48       | <b>І</b>           |       |
| Білий О.Л.          | 52       | Іваницький В.П.    | 48    |
| Бондаренко В.М.     | 44       | Івановський О.І.   |       |
| Борташевський В.А.  | 25       | Іванченко В.Г.     | 42    |
| Братаніч Т.І.       | 50       | Івасишин О.М.      | 54    |
| Брахнов М.В.        | 51       | Івасишин А.Д.      |       |
| Бродніковський Д.М. | 51       | Ільїн В.Г.         | 46    |
| Бродніковський Є.М. | 51       | <b>К</b>           |       |
| Бурдений В.Г.       | 25       | Калішин Є.Ю.       | 20    |
| Булик І.І.          | 53       | Каніло П.М.        | 58    |
| Бухтіяров В.К.      | 47       | Капран А.Ю.        | 23    |
| Бурховецький В.В.   | 53       | Карпінєць Д.І.     | 54    |
| <b>В</b>            |          | Кіскін М.О.        | 35    |
| Василенко І.В.      | 21       | Кишеня.Я.В.        | 47    |
| Василів Б.Д.        | 51       | Коваленко Л.Л.     | 48    |
| Васильєв О.Д.       | 51       | Ковальова Л.О.     | 27    |
| Велігодський О.Д.   | 59       | Кожан О.П.         | 44    |
| Волков С.В.         | 17       | Козін Л.Х.         | 17,18 |
| Волкова Г.К.        | 55       | Колбасов Г.Я.      | 34    |
| В'юнов О.І.         | 48       | Колесник В.В.      | 29    |
| <b>Г</b>            |          | Колотілов С.В.     | 35    |
| Глазунова В.А.      | 55       | Кондрашов О.В.     | 49    |
| Глазунов Ф.І.       | 55       | Константинова Т.Є. | 55    |
| Головкова М.Є.      | 51       | Корж Р.В.          | 25    |
| Гончаренко С.Г.     | 17       | Костенко К.В.      | 58    |
| Губарені Є.В.       | 24       | Котов В.Г.         | 44    |
| Гудименко Т.В.      | 27       | Кошечко В.Г.       | 22    |
| <b>Д</b>            |          | Кравченко О.И.     | 59    |
| Даніленко І.А.      | 55       | Кравчук Д.М.       | 39    |
| Данільцев Б.І.      | 17       | Кудря С.О.         | 33    |
| Данько Д.Б.         | 28       | Кузнєцов М.П.      | 33    |
| Дейнега І.В.        | 21       | Куліш В.Г.         | 43    |
| Демченко Л.І.       | 19       | Купрін О.С.        | 43    |
| Денис Р.В.          | 40       | Курилець Я.П.      | 24    |
| Дехтяренко В.А.     | 42       | Куриць Я.І.        | 22    |
| Дмитрах І.М.        | 52       | Кучерук Д.Д.       | 26    |
| Добровольський В.Д. | 38       | Кучерявий О.В.     | 50    |
| Долгих Л.Ю.         |          | Куций А.В.         | 18    |
| Донець В.В.         | 31,32    | <b>Л</b>           |       |
| Дорофієва В.М.      | 35       | Левіна Д.А.        | 27    |
| Дубовик Т.В.        | 49       | Літвінов В.О.      | 57    |
| Дудник О.М.         | 29,31,32 | Ломіно М.С.        | 43    |
| Дульнева Т.Ю.       | 26       | Лютій П.Я.         | 53    |
| Дядюн В.С.          | 22       |                    |       |
| <b>Є</b>            |          | <b>М</b>           |       |
| Єрмохіна Н.І.       | 47       | Майстренко О.Ю.    | 32    |
| Єременко І.Л.       | 35       | Манорик П.А.       | 47    |
| Єршова О.Г.         | 38       | Манілевич Ф.Д.     | 18    |
| <b>Ж</b>            |          |                    |       |
| Жовтянський В.А.    | 29       |                    |       |

|                |       |
|----------------|-------|
| Марчук Ю.В.    | 44    |
| Матисіна З.А.  | 36,37 |
| Мацевитий Ю.М. | 56    |
| Машкова Н.В.   | 18    |
| Мішура А.М.    | 22    |
| Морозов І.А.   | 49    |
| Морозов О.М.   | 43    |
| Морозов Ю.П.   | 33    |
| Морозова Р.О.  | 49    |

## Н

|                  |    |
|------------------|----|
| Невзгляд В.А.    | 29 |
| Неклюдов І.М.    | 43 |
| Новотворцев В.М. | 35 |

## О

|                |    |
|----------------|----|
| Овчаренко В.Д. | 43 |
| Окрепкий Ю.С.  | 41 |
| Орлик В.М.     | 29 |
| Орлик С.М.     | 23 |
| Осташ О.П.     | 51 |

## П

|                  |    |
|------------------|----|
| Перекрестов Б.І. | 55 |
| Петров С.М.      | 29 |
| Подгурська В.Я.  | 51 |
| Подорванов В.В.  | 30 |
| Поліщук О.В.     | 30 |
| Полунін Р.А.     | 35 |
| Походенко В.Д.   | 22 |
| Праженнік Ю.Г.   | 44 |
| Процицька Л.В.   | 59 |
| Приходько Р.В.   | 26 |
| Притула І.Р.     | 19 |
| Прядко Т.В.      | 42 |
| Пятницькій Ю.І.  | 21 |

## Р

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Рогальський С.П.  | 25    |
| Рогозинський А.О. | 36,37 |
| Рудаковський Д.В. | 41    |
| Русанов А.В.      | 56    |
| Русецький І. А.   | 34    |
| Рябов О.Б.        | 40    |

## С

|               |    |
|---------------|----|
| Саввакін Д.Г. | 54 |
|---------------|----|

|                  |          |
|------------------|----------|
| Самелюк А.В.     | 51       |
| Святенко О.М.    | 44       |
| Сергієнко О.М.   | 41       |
| Силенко П.М.     | 28       |
| Сиротюк А.М.     | 52       |
| Сімбірський О.В. | 59       |
| Соколовська І.С. | 31,32    |
| Скальський В.Р.  | 41       |
| Скороход В.В.    | 49       |
| Слись І.Г.       | 51       |
| Слободянюк І.О.  | 34       |
| Соловійов С.О.   | 24       |
| Соловей В.В.     | 56,57,58 |
| Солонін Ю. М.    | 28,38,39 |
| Сподарик М.І.    | 39       |
| Стара Л.О.       | 21       |
| Столярчук І.Л.   | 21       |
| Стрижак П.Є.     | 21       |
| Строгий Э.М.     | 59       |

## Т

|                   |    |
|-------------------|----|
| Тарасюк О.П.      | 25 |
| Таширева Г.О.     | 19 |
| Таширев О.Б.      | 19 |
| Тельбіз Г.М.      | 47 |
| Тітов В.Є.        | 22 |
| Трипольський А.І. | 20 |
| Тростянчин А.М.   | 53 |

## У

|                 |    |
|-----------------|----|
| Ушкалов Л.М.    | 51 |
| Уставицька О.О. | 22 |

## Ф

|             |    |
|-------------|----|
| Фрассард Ж. | 47 |
|-------------|----|

## Х

|                |       |
|----------------|-------|
| Ховавко О.І.   | 44    |
| Хотиненко Н.Г. | 36,37 |
| Хижун О.Ю.     | 38    |

## Ч

|               |    |
|---------------|----|
| Чернишев Л.І. | 27 |
| Чорна Н.А.    | 57 |

## Ш

|                  |    |
|------------------|----|
| Шапошнікова Т.І. | 60 |
| Швець О.В.       | 28 |
| Шевченко В.В.    | 45 |
| Шлапак А.М.      | 28 |
| Шубенко О.Л.     | 58 |

## Щ

|                 |    |
|-----------------|----|
| Щербакова Л. Г. | 39 |
| Щербань Н.Д.    | 46 |
| Щур Д.В.        | 36 |

## Я

|                 |    |
|-----------------|----|
| Янчевський О.З. | 48 |
| Яремов П.С.     | 46 |

# Авторський показник

**ЦІЛЬОВА КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА (ЦКП)  
НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ**

***“ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНЕВОЇ  
ЕНЕРГЕТИКИ”***

**НАУКОВА ЗВІТНА СЕСІЯ**

**Тези доповідей та програма сесії**

Редактор Л.І.Чернишев  
Коректор Л.О.Ковальова  
Комп'ютерне верстання Т.В.Гудименко

Підп. до друку 9.11.2010. Формат 70х108/16. Пап. офс. Друк офс.  
Учб.-вид.л.13. Тираж. 80. Замовлення 570

---

Інститут проблем матеріалознавства  
ім. І.М.Францевича НАН України  
03680, Київ-142, вул. Кржижановського, 3

Дільниця оперативної поліграфії  
ім. І.М.Францевича НАН України  
03680, Київ-142, вул. Кржижановського, 3